

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

LEILANE TALITA FATORETO SCHWIND

**Dinâmica temporal da comunidade de amebas testáceas em uma planície
de inundação Neotropical: traços funcionais e potencial bioindicador das
condições ambientais**

Maringá
2016

LEILANE TALITA FATORETO SCHWIND

Dinâmica temporal da comunidade de amebas testáceas em uma planície de inundação Neotropical: traços funcionais e potencial bioindicador das condições ambientais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha

Maringá
2016

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

S415d Schwind, Leilane Talita Fatoreto, 1986-
Dinâmica temporal da comunidade de amebas testáceas em uma planície de inundação Neotropical : traços funcionais e potencial bioindicador das condições ambientais / Leilane Talita Fatoreto Schwind. -- Maringá, 2016.
58 f. : il.

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha.

1. Amebas testáceas planctônicas (Protozoa: Arcellinida) "ameba" - Comunidades, Ecologia de - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Amebas testáceas planctônicas (Protozoa: Euglyphida) "ameba" - Comunidades, Ecologia de - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Plâncton de água doce - Bioindicadores. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -579.432178209816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

Maria Salete Ribelatto Arita CRB 9/858
João Fábio Hildebrandt CRB 9/1140

LEILANE TALITA FATORETO SCHWIND

Dinâmica temporal da comunidade de amebas testáceas em uma planície de inundação Neotropical: traços funcionais e potencial bioindicador das condições ambientais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM) (Presidente)

Dr.^a Cláudia Costa Bonecker
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof.^a Dr.^a Liliana Rodrigues
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof.^a Dr.^a Geziele Mucio Alves
Faculdade Ingá (Uningá)

Prof. Dr. Daniel José Galafasse Lahr
Universidade de São Paulo (USP)

Aprovada em: 08 de março de 2016.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

A minha família amada, meus pais, Celso e Neiva, pela dedicação, amor, e esforços empregados para fornecer as condições necessárias para a realização desse sonho. E a minha irmã, Rayze, pela parceria e amor;

Ao Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha, pela orientação, amizade, oportunidade de novos aprendizados e desenvolvimento profissional. Além disso, pela paciência e compreensão das minhas limitações e, sobretudo, por ter acreditado no meu potencial desde o primeiro momento. Exemplo de profissional e um ser humano admirável, para ele minha eterna gratidão e respeito;

À Claudia Costa Bonecker (querida Claudinha), sempre solícita e acolhedora. Meus agradecimentos pela amizade e carinho, sobretudo, por todo apoio desde o primeiro momento que me tornei parte do laboratório de zooplâncton. Por fazer de mim também sua “cria” (postiça, mas de coração). Sinto-me honrada e grata pela sua dedicação;

Ao Luiz Felipe Machado Velho, por todas as contribuições nos estudos com as tecamebas, alto astral e carinho;

Ao Prof. Dr. Daniel Larh, pela generosidade em dividir seu saber, acolhimento e disponibilidade;

Aos membros da banca, pela avaliação, leitura e sugestões;

Ao programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, todos os docentes e funcionários, pelos ensinamentos e suporte. E de forma especial à Aldenir e Jocemara, pela dedicação e paciência em resolver nossas pendências acadêmicas;

À CAPES e CNPq pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a realização das coletas;

Ao Nupélia (Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura), ao projeto PELD sitio 6 (Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) e UEM (Universidade Estadual de Maringá), pela infra-estrutura e recursos que possibilitaram a realização desse trabalho;

Ao Laboratório de Zooplâncton e a todos os amigos que estão ou passaram por ele. Foi sempre um privilégio trabalhar com vocês;

Aos momentos de descontração, que fizeram a diferença no meu dia-dia e tornaram os períodos de atribuições mais leves, agradeço a amizade do Rodrigo, Tati, Ciro, Fabi, Fran, Vanessa, Lenin, Ana, Thaís, Welinton, Ju, Lou, Érica, Clarice, Cadu, Adelina, Tássia, Diogo, Felipe, Bia, Ge, Bia Almeida, Leandro, Danilo e Nadson;

Aos tecamebológos, que dividem comigo o amor por essas criaturinhas fantásticas (Rodrigo, Fe, Cadu, Ge, Leandro, Mari e Daniel);

Ao querido laboratório de fitoplâncton, em especial a Luzia (amiga e companheira de viagem) e a Susi (doçura em forma de ser humano), por trazerem com elas sempre um sorriso no rosto, acompanhado de uma conversa acolhedora;

Ao Tião, Alfredo, Valdice e Flora, por fazerem da Base de Pesquisas do Nupélia um lugar único e especial. Ao Celsão e Seu Ní, por fazerem com que as idas e vindas à Base fossem horas agradáveis e divertidas.

À Mariana Lessa, de coorientada á amiga, que me permitiu auxiliar em sua jornada acadêmica e que me ensinou lições valiosas tanto na esfera profissional como pessoal. Ser iluminado que a vida me presenteou;

Ao Ciro Joko (Jokolino), por caminhar comigo desde o primeiro momento que entrei no laboratório. Pela generosidade em dividir o seu conhecimento e pelos diversos momentos felizes e divertidos, deixando a certeza no meu coração que carinho e respeito são capazes de permanecerem mesmo com o passar do tempo e a quilômetros de distância;

Ao Nadson, pela amizade, ajuda e ensinamentos com as análises estatísticas e sugestões ao capítulo II da tese. Pessoa especial que sempre me recebeu com uma palavra amiga e/ou com alguma história engraçada;

De forma especial, ao Rodrigo Leite Arrieira, meu parceiro de pós-graduação e “duplinha” nos estudos das tecamebas. Profissional comprometido, que divide o seu saber sem pedir nada em troca, de uma generosidade sem igual. Muito mais que um amigo, meu irmão de coração. Trilhamos esse caminho juntos, e sou grata porque a trajetória percorrida foi muito mais leve e feliz com a sua presença;

A todos, que contribuíram de forma direta ou indireta para a concretização dessa tese, meu sincero agradecimento.

Dinâmica temporal da comunidade de amebas testáceas em uma planície de inundação Neotropical: traços funcionais e potencial bioindicador das condições ambientais

RESUMO

A busca pelo entendimento dos fatores reguladores que influenciam a estruturação e o estabelecimento das comunidades tem sido frequente em estudos ecológicos. O estudo foi realizado em lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná. Avaliou-se a influência dos períodos hidrológicos sobre a convergência e divergência dos traços funcionais de amebas testáceas em uma lagoa durante um longo período de tempo. Houve a predominância da convergência de traços funcionais na cheia e divergência na seca. Os traços funcionais foram fortemente influenciados pela variação temporal das variáveis ambientais relacionadas aos recursos alimentares. Verificou-se o efeito da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a comunidade de amebas testáceas, em lagoas da planície de inundação estudada. Foram identificados os táxons indicadores do aumento e diminuição das concentrações dessas variáveis ao longo do tempo. A variação temporal influenciou as variáveis de produtividade, sobre a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas, alternando o estabelecimento dos táxons. Foi possível identificar as espécies indicadoras do aumento e diminuição das concentrações dessas variáveis ambientais. A análise dos resultados obtidos contribuiu para o conhecimento da ecologia da comunidade de amebas testáceas em ambientes aquáticos, tendo em vista que a abordagem e a distribuição dos traços funcionais desses organismos e do seu potencial bioindicador das condições ambientais.

Palavras-chave: Protista. Plâncton. Diversidade Funcional. Espécies indicadoras. Variação temporal.

Temporal dynamics of testate amoebae community in a Neotropical floodplain: functional traits and potential bioindicator of environmental conditions

ABSTRACT

Understanding the regulatory factors that influences the structuring and establishment of communities has been common in ecological studies. This thesis had as a research area lakes of the upper Paraná River floodplain. In the first approach of this thesis, we evaluate the influence of hydrological periods on the convergence and divergence of functional traits of testate amoebae in a long period of time. There was a predominance of convergence of functional traits in flooding and divergence in the drought. Furthermore, the functional traits were strongly influenced by the temporal changes of the environmental variables linked to the food resources. In the second approach, we verified the effect of temporal variation in the productivity variables on testate amoebae community in the studied floodplain lakes. We seek also to identify taxa indicators increase and decrease the concentrations of these variables over time. The temporal variation influenced the productivity of variables, the frequency and abundance of testate amoebae community, alternating the establishment of taxa. As a result, it was possible to identify indicator species of increase and decrease the concentrations of these environmental variables. In summary, the results of this thesis contributed to the knowledge of the testate amoebae ecology in aquatic environments, considering that addressed the distribution of functional traits of these organisms and their potential bioindicator aquatic ecosystems.

Keywords: Protist. Plankton. Functional diversity. Indicator species. Temporal variation.

Tese elaborada e formatada conforme as normas das publicações científicas *Limnetica*. Disponível em: <http://www.limnetica.com> e *Ecological Indicators*. Disponível em: <http://www.journals.elsevier.com/ecological-indicators/>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	INFLUÊNCIA TEMPORAL SOBRE OS TRAÇOS FUNCIONAIS DE AMEBAS TESTÁCEAS EM UMA LAGOA DE UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO NEOTROPICAL	15
2.1	INTRODUÇÃO	16
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	17
2.2.1	Área de estudo	17
2.2.2	Delineamento amostral	18
2.2.3	Traços funcionais.....	19
2.2.4	Análise de dados	20
2.3	RESULTADOS	22
2.3.1	Composição da comunidade de amebas testáceas	22
2.3.2	Convergência e divergência dos traços funcionais.....	22
2.3.3	Distribuição dos traços funcionais e condições ambientais.....	23
2.4	DISCUSSÃO	24
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28
3	GRADIENTE DE PRODUTIVIDADE AFETA A DINÂMICA TEMPORAL DA COMUNIDADE DE AMEBAS TESTÁCEAS EM UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO NEOTROPICAL	36
3.1	INTRODUÇÃO	37
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.2.1	Área de estudo.....	38
3.2.2	Delineamento amostral.....	40

3.2.3	Análise dos dados.....	40
3.3	RESULTADOS	41
3.3.1	Composição da comunidade de amebas testáceas	41
3.3.2	Caracterização e variação das condições ambientais	41
3.3.3	Variabilidade temporal da comunidade de amebas testáceas ao longo do gradiente ambiental	41
3.4	DISCUSSÃO	46
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS	49
4	CONCLUSÕES GERAIS	53
	APÊNDICE A - Inventário dos táxons de amebas testáceas investigados para lagoa Osmar durante esse estudo entre os anos de 2002 a 2011.....	54
	APÊNDICE B - Inventário dos táxons de amebas testáceas investigados nos ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná entre os anos de 2002 a 2010.....	55
	APÊNDICE C - Nomes das espécies de amebas testáceas indicadoras negativas e positivas em resposta a variação da concentração das variáveis de produtividade.....	57
	APÊNDICE D - Espécies indicadoras da mudança das concentrações das variáveis de produtividade.....	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

Um grande avanço para os estudos em ecologia nas últimas décadas é a identificação dos fatores reguladores da estruturação das comunidades (ROHDE, 2011). Nesse contexto, as variáveis ambientais têm papel relevante no funcionamento e dinâmica dos ambientes aquáticos, contribuindo para alterações no padrão de funcionamento ecológico das comunidades (RIETZLER et al., 2002). As alterações das variáveis ambientais influenciam a fisiologia dos organismos e o seu comportamento, que por sua vez, afeta o resultado das interações bióticas e a organização da comunidade (DUNSON e TRAVIS, 1991). Portanto, a interação entre os fatores físicos, químicos e biológicos pode ser uma ferramenta para identificar a variabilidade das comunidades aquáticas (NEIFF, 1996).

As planícies de inundação apresentam uma elevada diversidade de espécies relacionada à heterogeneidade espacial e a dinâmica temporal desse ecossistema (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A conectividade permite a troca de matéria e energia entre os ambientes, implicando em mudanças na estrutura das comunidades aquáticas e na produção do sistema (PRINGLE, 2001). A flutuação do nível da água, mediada pelo pulso de inundação, atua como um fator estruturador nesses ambientes (AOYAGUI e BONECKER, 2004). O pulso de inundação controla a variação das condições ambientais e as interações entre os conjuntos de comunidades (NABOUT et al., 2009), além da produção do sistema (CROSS et al., 2011).

Dentre as comunidades aquáticas presentes em planícies de inundação encontra-se a das amebas testáceas que representam um grupo polifilético de protozoários de vida livre, caracterizadas pela sua habilidade em construir carapaças (SMITH et al., 2008). No compartimento planctônico, em especial, registram elevadas densidades (LANSAC-TÔHA et al., 2014). Esses organismos ocupam diferentes funções tróficas e possuem especificidade alimentar, podendo ser desde decompositores a consumidores em diferentes níveis da cadeia (GIMENES et al., 2004; JASSEY et al., 2013). Diante disso, as amebas testáceas desempenham várias funções de grande importância em processos ecológicos em escala global, especialmente relacionada ao fluxo de energia e ciclagem de nutrientes dos ecossistemas (ADL e GUPTA, 2006).

A presente tese foi estruturada em dois capítulos, cada um contendo um manuscrito científico. O capítulo I investiga a influência dos períodos hidrológicos sobre a convergência e divergência dos traços funcionais de amebas testáceas em uma lagoa de uma planície de

inundação Neotropical. O capítulo II analisa o efeito da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a comunidade de amebas testáceas em lagoas do mesmo ecossistema. Além disso, busca identificar os táxons indicadores do aumento e diminuição das concentrações das variáveis de produtividade.

REFERÊNCIAS

ADL, S. M., GUPTA, V. V. S. R. Protists in soil ecology and forest nutrient cycling. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 36, p. 1805–1817, 2006.

AOYAGUI, A. S. M., BONECKER, C. C. The art status of rotifer studies in natural environments of South America: foodplains. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, p. 385-406, 2004.

CROSS, W. F., BAXTER, C.V., DONNER, K.C., ROSI-MARSHALL, E. J., KENNEDY, T. A., HALL, R. O., HOLLY JR. A., KELLY, A. W., SCOTT, R. Ecosystem ecology meets adaptive management: food web response to a controlled flood on the Colorado River, Glen Canyon. **Ecological Applications**, v. 21, p. 2016–2033, 2011.

DUNSON, W. A., TRAVIS, J. The role of abiotic factors in community organization. **The American Naturalist**, v. 138, p. 1067-1091, 1991.

GIMENES, M. F., BENEDITO-CECILIO, E., TAKEDA, A. M., VISMARA, M. R. Availability of sedimentary organic matter for benthic fishes of the upper Paraná river floodplain. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, p. 181-187, 2004.

JASSEY, V. E. J., CHIAPUSIO, G., BINET, P., BUTTLER, A., LAGGOUN-DEFARGE, F., DELARUE, F., BERNARD, N., MITCHELL, E. A. D., FRANCEZ, A. J., LARH, D. G.. Above- and belowground linkages in Sphagnum peatland: climate warming affects plant-microbial interactions. **Global Change Biology**, v. 10, p. 811–823, 2013.

LANSAC-TÔHA, F. A., VELHO, L. F. M., COSTA, D. M., SIMÕES, N. R., ALVES, G. M. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a Neotropical floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, p. 181-190, 2014.

NABOUT, J. C., SIQUEIRA, T., BINI, L. M., NOGUEIRA, I. S. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. **Acta Oecologica**, v. 35, p. 720–726, 2009.

NEIFF, J. J. Large rivers of South America: toward the new approach. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 26, p. 167-180, 1996.

PRINGLE, C. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective. **Ecological Applications**, v. 11, p. 981–998, 2001.

RIETZLER, A. C., MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J. G. Life cycle, feeding and adaptive strategy implications on the co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiatptomus iheringi* in Lobo-Broa reservoir (Brazil-SP). **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 93-105, 2002.

ROHDE, K. Latitudinal gradients in species diversity: why are there so many species in the tropics? Ecology and evolution, version 7. Disponível em: <http://krohde.wordpress.com/article/latitudinal-gradients-in-species-xk923bc3gp4-56/>, 2011.

SMITH, H. G., BOBROV, A., LARA, E. Diversity and biogeography of testate amoebae. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 329-343, 2008.

TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

2. INFLUÊNCIA TEMPORAL SOBRE OS TRAÇOS FUNCIONAIS DE AMEBAS TESTÁCEAS EM UMA LAGOA DE UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO NEOTROPICAL¹

RESUMO

Os organismos apresentam traços funcionais que lhes permitem desempenhar um importante papel na estruturação das comunidades, a partir das respostas dos mecanismos que promovem a coexistência das espécies e da variação das características ambientais que afetam a diversidade. O estudo teve como objetivo investigar a influência dos períodos hidrológicos sobre os traços funcionais de amebas testáceas em uma lagoa de uma planície de inundação Neotropical. Avaliou-se a hipótese de que o efeito da homogeneização das inundações promoverá a convergência de traços funcionais no período de cheia. Por outro lado, o isolamento ambiental promoverá a divergência de traços funcionais no período de seca. As coletas foram realizadas em dois períodos hidrológicos, entre 2002 e 2011, em uma lagoa de uma planície de inundação. Os traços funcionais utilizados foram: classificação taxonômica, constituição da carapaça e presença ou ausência de vacúolo gasoso. Um índice de dispersão funcional foi calculado para indicar a convergência ou divergência de traços funcionais relacionadas com os períodos hidrológicos, ao longo do tempo. A análise de redundância foi realizada para investigar como os traços funcionais estavam sendo relacionados com as variáveis ambientais, durante os períodos hidrológicos. Foram registrados oitenta táxons pertencentes a oito famílias. O índice funcional indicou a predominância de convergência de traços funcionais na cheia e divergência de traços funcionais na seca. Os resultados indicaram que os períodos hidrológicos influenciaram os traços funcionais das amebas testáceas, que são fortemente influenciadas pelas variáveis ambientais relacionadas com os recursos alimentares.

Palavras-chave: Protozoa, plâncton, convergência, divergência, diversidade funcional, períodos hidrológicos.

ABSTRACT

The organisms have functional traits that allow them to play an important role in structuring communities, through mechanisms that promote the coexistence of species and environmental characteristics that affect diversity. This study aimed to investigate the influence of hydrological periods on functional traits of testate amoebae in a lake of a Neotropical floodplain. Therefore, we evaluated the hypothesis that the homogenising effect of the flood promote the convergence of the functional traits during flooding. On the other hand, the isolation of the environments during the drought would promote the divergence of functional traits. Sampling was carried out during two hydrological periods between 2002 and 2011 in a floodplain lake. Traits used were taxonomical grouping, origin of the shell material, and presence of gas vacuoles. A functional dispersion index was calculated to indicate trait convergence or divergence related to the hydrological periods over time. A redundancy analysis was carried out to investigate how the functional traits were being related to the environmental variables during the hydrological periods. We recorded eighty taxa belonging to eight families. Functional index of testate amoebae indicated a predominant trait convergence in flooding and a trait divergence in drought. Our results

indicated that hydrological periods influence on functional traits of testate amoebae, which are strongly influenced by environmental variables related to food resources.

Keywords: Protozoa, plankton, convergence, divergence, functional diversity, hydrological periods.

2.1 INTRODUÇÃO

A compreensão sobre a distribuição dos traços funcionais das espécies tem sido considerada como um elemento importante na investigação da estrutura das comunidades (Cianciaruso *et al.*, 2009). Os traços funcionais podem ser definidos a partir de qualquer característica morfológica, fisiológica ou de história de vida, que seja mensurável ao nível de indivíduo e tenha impacto no *fitness* do organismo (Violle *et al.*, 2007). Dessa forma, os traços funcionais em cada comunidade ecológica fornecem uma visão sobre a resposta das espécies aos processos ecossistêmicos ao longo do tempo (Norberg, 2000). Além disso, podem revelar padrões para prever a estruturação da comunidade e o funcionamento dos ecossistemas (Petchey & Gaston, 2006; Vogt *et al.*, 2010).

Aparentemente a estruturação das comunidades envolve duas tendências principais: (1) em que espécies de uma comunidade podem ser semelhantes em suas exigências ecológicas, levando à convergência de traços funcionais; ou (2) em que a coexistência das espécies pode ser limitada pela dissimilaridade de traços funcionais, podendo levar à divergência dos mesmos (Pillar *et al.*, 2009). Diante disso, o uso de um índice de diversidade funcional pode ser considerado uma abordagem adequada para investigar o processo ecológico que governa a estruturação em uma comunidade (Cavender-Bares *et al.*, 2006; Luck *et al.*, 2013).

Em planícies de inundação, o regime hidrológico é reconhecido como um fator estruturador das comunidades, influenciando a dinâmica temporal e os processos ecológicos nos ambientes aquáticos (Junk *et al.*, 1989). Como consequência, pode influenciar, também, a distribuição dos traços funcionais das espécies nesses ambientes (Mendez *et al.*, 2012). As comunidades aquáticas desses sistemas respondem diferentemente às variações temporais das condições ambientais para cada período hidrológico (Thomaz *et al.*, 2007). O período de seca leva ao isolamento ambiental e as características físicas e químicas tornam-se mais específicas em cada ambiente, o que pode causar a divergência dos traços funcionais das espécies. Por outro lado, no período de cheia, o efeito homogeneizador das inundações

igual a as condições ambientais nesses locais e, assim, pode promover a convergência dos traços funcionais das espécies.

Dentre as comunidades aquáticas importantes na estruturação e dinâmica dos ambientes, encontram-se as amebas testáceas. Esses organismos participam ativamente da transferência de energia entre os níveis tróficos e na ciclagem de nutrientes, apresentando elevadas densidades e curto tempo de geração (Foissner, 1999). Tais características atribuem vantagens ecológicas e tornam as amebas testáceas interessantes nas investigações científicas, tanto em escala espacial quanto temporal (Schwind *et al.*, 2013). Além disso, as amebas testáceas possuem carapaças que diferem quanto a sua composição, forma e tamanho (Bonnet, 1975). Acredita-se que essas diferenças morfológicas possam representar adaptações desses organismos às mudanças das condições ambientais, especialmente em ambientes que sofrem o efeito de inundações (Alves *et al.*, 2008). Esses ambientes estão constantemente sujeitos à mudanças das condições ambientais, podendo influenciar na distribuição das espécies de amebas testáceas (Lansac-Tôha *et al.*, 2014).

Essas características podem sugerir que os traços funcionais das espécies forneçam respostas sobre a estruturação da comunidade de amebas testáceas (Arrieira *et al.*, 2015a). Entretanto, estudos que relacionem os traços funcionais das amebas testáceas ainda são escassos. Além disso, as tentativas em explicar a distribuição dos traços funcionais de amebas testáceas são limitadas a estudos de espécies do solo (Fournier *et al.*, 2012, 2015). Portanto, este estudo teve como objetivo investigar a influência dos períodos hidrológicos sobre a distribuição dos traços funcionais de amebas testáceas em uma lagoa de uma planície de inundação Neotropical.

Diante disso, avaliou-se: (i) que o efeito da homogeneização das inundações promoverá a convergência de traços funcionais no período de cheia, e que (ii) o isolamento ambiental promoverá a divergência de traços funcionais no período de seca. Além disso, as variáveis ambientais irão influenciar diferentemente a distribuição dos traços funcionais em ambos os períodos hidrológicos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

Esse trabalho foi desenvolvido na lagoa Osmar, um ambiente pertencente à planície de inundação do alto rio Paraná, que faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Várzea do rio Paraná, Brasil (22°40' - 22°50'S e 53°10' - 53°40'W) (Figura 1).

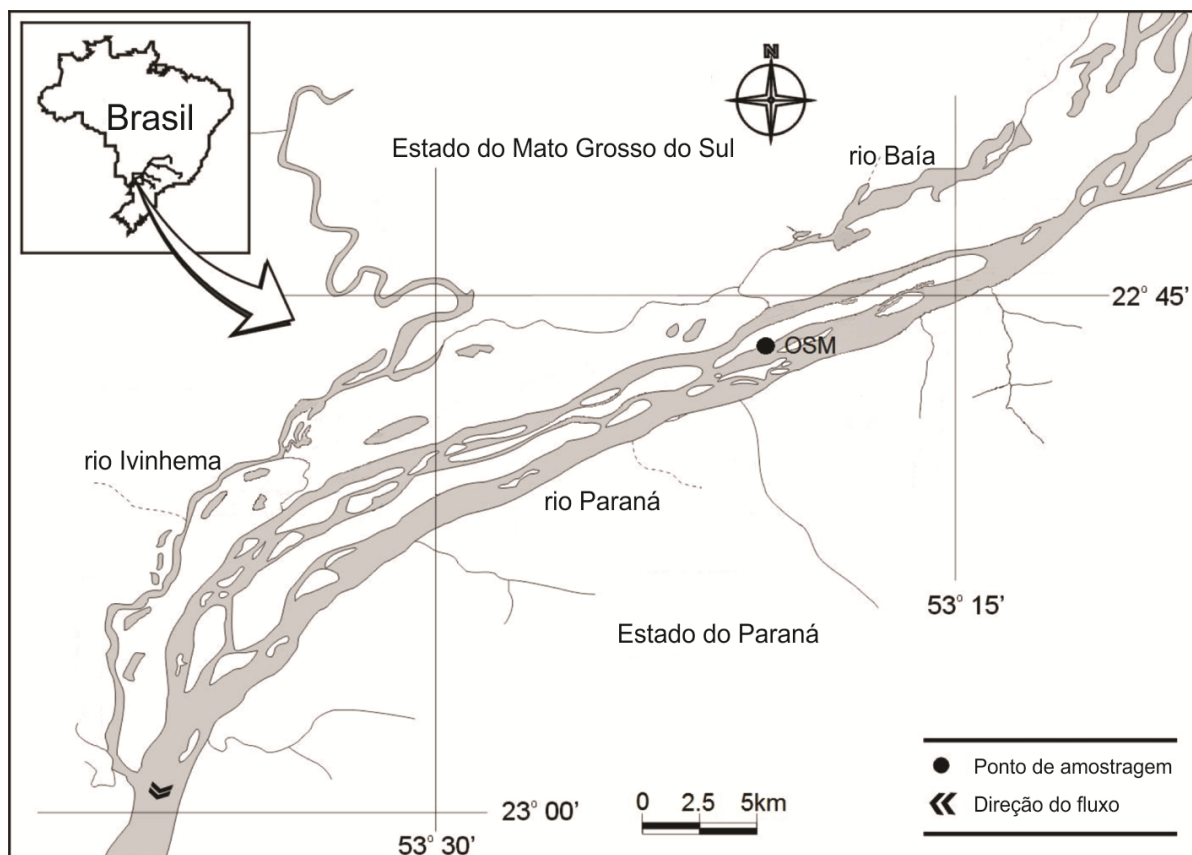


Figura 1. Local de amostragem do ambiente na planície de inundação do alto rio Paraná (OSM = Lagoa Osmar).

A lagoa Osmar é extremamente afetada pelo regime hidrológico, mostrando diferenças temporais evidentes entre inundações e secas (Rodrigues & Bicudo, 2004; Bonecker *et al.*, 2009). Essa lagoa está localizada em uma ilha no rio Paraná e não apresenta ligação com o canal principal do rio, exceto durante grandes inundações. Além disso, essa lagoa é considerada muito rasa, com profundidade mínima de 0,6 m durante a seca e profundidade máxima de 4,5 m durante a inundação (Roberto *et al.*, 2009).

2.2.2 Delineamento amostral

As amostras de amebas testáceas foram obtidas considerando os períodos de cheia (fevereiro) e seca (setembro), entre os anos de 2002 e 2011, à subsuperfície da região pelágica da lagoa e totalizando 20 amostras. Foram filtrados 600 litros de água por amostra em rede de plâncton (68 μ m), com o auxílio de moto-bomba. As amostras foram fixadas com solução de formaldeído 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

As amebas testáceas foram identificadas com auxílio da seguinte bibliografia básica: Deflandre (1928, 1929), Gauthier-Lièvre & Thomaz (1958, 1960), Velho & Lansac-Tôha

(1996), Velho *et al.* (1996), Alves *et al.* (2007), Souza (2008), Mazei & Warren (2012, 2014) e Lansac-Tôha *et al.* (2014).

Para a estimativa da abundância dos indivíduos, foram obtidas subamostragens com pipeta tipo Hensen-Stempel (2,5 mL). Foram contados, no mínimo, 50 indivíduos de amebas testáceas por amostra, em câmaras de Sedgewick-Rafter, e analisados sob microscópio de acordo com a metodologia modificada de Bottrell *et al.* (1976). A abundância foi expressa em indivíduos por m⁻³.

Concomitantemente às amostragens dos indivíduos foram tomadas as medidas das variáveis ambientais: temperatura da água (°C), concentração de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) (Oxímetro digital portátil – YSI 550A), transparência da água e profundidade (disco de Secchi), turbidez (NTU), alcalinidade (mEq L⁻¹), nitrogênio total (µg L⁻¹), nitrato (µg L⁻¹), amônia (µg L⁻¹), fósforo total (µg L⁻¹), fosfato (µg L⁻¹), pH (pHmetro digital portátil – Digimed DM-2) e clorofila-*a* (µg L⁻¹). As análises da clorofila-*a*, do fósforo total e fosfato foram realizadas em laboratório de acordo com a metodologia de Golterman *et al.* (1978) e do nitrogênio total, nitrato e amônia de acordo com Mackereth *et al.* (1978).

2.2.3 Traços funcionais

Os traços funcionais foram calculados através da soma da abundância dos organismos, de acordo com cada traço funcional, e expressos em indivíduos por m⁻³. Três traços funcionais foram selecionados de acordo com a classificação taxonômica (Arcellinida ou Euglyphida), constituição da carapaça (aglutinada, proteica ou silicosa) e vacúolo gasoso (presença ou ausência) (Tabela 1).

Tabela 1. Famílias de amebas testáceas categorizadas de acordo com seus traços funcionais. Classificação taxonômica: A= Arcellinida; B= Euglyphida. Constituição da carapaça: C= Aglutinada; D= Proteica; E= Silicosa. Vacúolo gasoso: F= Presença; G= Ausência.

Famílias	Traços Funcionais		
	Classificação taxonômica	Constituição da carapaça	Vacúolo gasoso
Arcellidae	A	D	F
Centropyxidae	A	C	G
Diffugiidae	A	C	G
Lesquereusiidae	A	E	G
Phryganellidae	A	C	G
Plagiopyxidae	A	C	G
Trigonopyxidae	A	C	G
Euglyphidae	B	E	G

A classificação taxonômica pode ser explicada pela morfologia dos pseudópodes: filópode e lobópode (Meisterfeld, 2002; Nikolaev *et al.*, 2005). Euglyphida apresentam pseudópodes do tipo filópode, incluindo pequenos organismos que se alimentam principalmente de bactérias e são considerados *r*-estrategistas. Arcellinida apresentam pseudópodes do tipo lobópode, incluindo tanto organismos pequenos quanto grandes e são considerados *k*-estrategistas. A constituição da carapaça em amebas testáceas difere de acordo com sua composição, que pode ser secretada pelo próprio organismo ou composta por partículas disponíveis no meio, aglutinadas a uma matriz de cimento secretada pelo organismo (Scott *et al.*, 1991; Beyens & Meisterfeld 2001). Acredita-se que as diferenças na constituição carapaça podem representar adaptações que as amebas testáceas apresentam em relação às mudanças das condições ambientais (Fournier *et al.*, 2012; Arrieira *et al.*, 2015a). São consideradas, ainda, estruturas adaptativas para que esses organismos se mantenham na coluna de água, permitindo que estes permaneçam por mais tempo no plâncton (Ogden, 1991; Velho *et al.*, 2003).

2.2.4 Análise de dados

O índice de dispersão funcional (FDis) foi calculado com o objetivo de detectar a convergência ou divergência dos traços funcionais, relacionados com os períodos hidrológicos ao longo do tempo. Além disso, o FDis, que é uma medida da dispersão multivariada, foi utilizado para estimar a dispersão das espécies no espaço funcional (Villéger *et al.*, 2008). Este índice representa, portanto, os diferentes aspectos da diversidade funcional e, portanto, fornece informações complementares que um único índice não poderia explicar.

Para avaliar a dominância de convergência ou divergência de traços funcionais nos diferentes períodos hidrológicos, foram utilizadas as orientações propostas no estudo de Fournier *et al* (2012): um teste de permutação foi calculado, em que as linhas das espécies foram permutadas randomicamente pela matriz do traço para o atributo dos valores dos traços das espécies, preservando a abundância e riqueza das espécies ao mesmo tempo. Esta permutação foi repetida 999 vezes, permitindo gerar uma probabilidade de distribuição (FDis_{sim}) utilizada para calcular o valor de *p*. Três possíveis resultados deste teste são esperados: 1) FDis < 0,05 de FDis_{sim}: convergência de traços; 2) FDis > 0,95 de FDis_{sim}: divergência de traços; 3) 0,05 de FDis_{sim} < FDis < 0,05 de FDis_{sim}: nem

convergência nem divergência de traços. Portanto, a comunidade não segue nenhum padrão, mas é estocástica.

Diante disso, assume-se que o efeito da homogeneização promoverá a convergência de traços funcionais na cheia (caso 1), enquanto o isolamento ambiental promoverá a divergência de traços funcionais na seca (caso 2). Em uma situação intermediária, não será observado nenhuma das condições anteriores (caso 3).

Posteriormente, foi realizada uma análise de redundância (RDA) (Legendre & Legendre, 1998), a fim de investigar como os traços funcionais estavam sendo relacionados com as variáveis ambientais, durante os períodos hidrológicos. Os resultados da RDA foram baseados em percentual do modelo explicação (R^2 ajustado). Foram aplicadas transformações logarítmicas nos valores dos traços funcionais para reduzir o efeito das espécies raras, e após esse procedimento, transformados de acordo com o procedimento de Hellinger (Legendre & Gallagher, 2001). Além disso, o efeito de multicolinearidade entre as variáveis ambientais foram exploradas computando os valores de inflação de variância (*Variance Inflation Factors* – VIF). Posteriormente, realizou-se um teste de permutação de Monte Carlo (999 aleatorizações) (Borcard *et al.*, 1992) para verificar a significância das variáveis dependentes ($p < 0,05$) sobre a distribuição de cada tipo de traço funcional.

As análises foram realizada com o software R, versão 2.8.1 (Development Core Team), usando os pacotes FD (Laliberté & Legendre, 2010) e Vegan (Oksanen *et al.*, 2012).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Composição da comunidade de amebas testáceas

A composição das espécies de amebas testáceas foi representada por oitenta táxons, pertencentes a oito famílias. Diffugiidae apresentou o maior número de espécies (37 taxa), seguida por Arcellidae (19 taxa), Centropyxidae (10 taxa), Lesquereusiidae (9 taxa), Trigonopyxidae (dois taxa), Euglyphidae (um taxa), Phryganellidae (um taxa), e Plagiopyxidae (um taxa) (Apêndice A).

2.3.2 Convergência e divergência dos traços funcionais

Diferenças significativas entre os períodos hidrológicos foram encontradas para as comunidades de amebas testáceas quando comparadas ao índice funcional observado (FDis). Além disso, os valores de FDis foram diferentes nos períodos hidrológicos de acordo com a

distribuição calculada (FDis_sim) gerada para as comunidades de amebas testáceas. No período de cheia, a maioria dos valores de FDis estiveram entre os menores valores de FDis_sim (Tabela 2). Dessa forma, os traços funcionais indicaram uma predominante convergência de traços neste período hidrológico.

Tabela 2. Resultados do índice funcional observado (FDis) e distribuição calculada (FDis_sim) gerada para as comunidades de amebas testáceas no período de cheia. Valores em negrito indicam a convergência de traços.

Anos amostrados	FDis_sim < 0,05	FDis_sim > 0,05	FDis observado	valor de <i>p</i>
2002	0,187-0,187	0,291-0,291	0,273	0,05 < <i>p</i> < 0,95
2003	0,067-0,77	0,286-0,286	0,067	<i>p</i> < 0,05
2004	0,120-0,120	0,288-0,288	0,120	<i>p</i> < 0,05
2005	0,058-0,058	0,277-0,277	0,058	<i>p</i> < 0,05
2006	0,075-0,140	0,308-0,308	0,076	<i>p</i> < 0,05
2007	0,221-0,222	0,297-0,297	0,221	<i>p</i> < 0,05
2008	0,050-0,060	0,288-0,289	0,055	<i>p</i> < 0,05
2009	0,200-0,201	0,338-0,353	0,201	<i>p</i> < 0,05
2010	0,057-0,057	0,291-0,292	0,154	0,05 < <i>p</i> < 0,95
2011	0,115-0,116	0,291-0,292	0,116	<i>p</i> < 0,05

Em contrapartida, a maioria dos valores de FDis foram encontrados entre os maiores valores de FDis_sim durante o período de seca (Tabela 3), indicando uma divergência de traços das comunidades de amebas testáceas.

Tabela 3. Resultados do índice funcional observado (FDis) e distribuição calculada (FDis_sim) gerada para as comunidades de amebas testáceas no período de seca. Valores em negrito indicam a divergência de traços.

Anos amostrados	FDis_sim < 0,05	FDis_sim > 0,05	FDis observado	valor de <i>p</i>
2002	0,151-0,152	0,270-0,280	0,271	<i>p</i> > 0,95
2003	0,182-0,192	0,274-0,283	0,275	<i>p</i> > 0,95
2004	0,010-0,032	0,259-0,259	0,046	0,05 < <i>p</i> < 0,95
2005	0,077-0,078	0,226-0,227	0,101	0,05 < <i>p</i> < 0,95
2006	0,001-0,002	0,290-0,290	0,001	<i>p</i> < 0,05
2007	0,083-0,083	0,291-0,291	0,083	<i>p</i> < 0,05
2008	0,014-0,014	0,257-0,258	0,257	<i>p</i> > 0,95
2009	0,144-0,145	0,269-0,286	0,269	<i>p</i> > 0,95
2010	0,001-0,001	0,002-0,003	0,003	<i>p</i> > 0,95
2011	0,036-0,043	0,240-0,288	0,241	<i>p</i> > 0,95

2.3.3 Distribuição dos traços funcionais e condições ambientais

No período de cheia, a RDA explicou 34% da relação entre os traços funcionais e as variáveis ambientais, enquanto que a explicação da relação observada foi de 17% no período de seca (Figuras 2, 3). Além disso, o teste de permutação revelou resultados significativos ($p < 0,05$), em ambos os períodos hidrológicos.

Os traços funcionais foram fortemente influenciados pelas variáveis ambientais relacionadas aos recursos alimentares. Arcellinida (A), carapaça aglutinada (C), presença de vacúolo gasoso (F), e ausência de vacúolo gasoso (G) foram positivamente correlacionados com clorofila-*a* em ambos os períodos hidrológicos. Durante o período de cheia, o nitrogênio total e Euglyphida (B); e o nitrato e carapaça de origem silicosa (E) apresentaram correlação negativa (Figure 2).

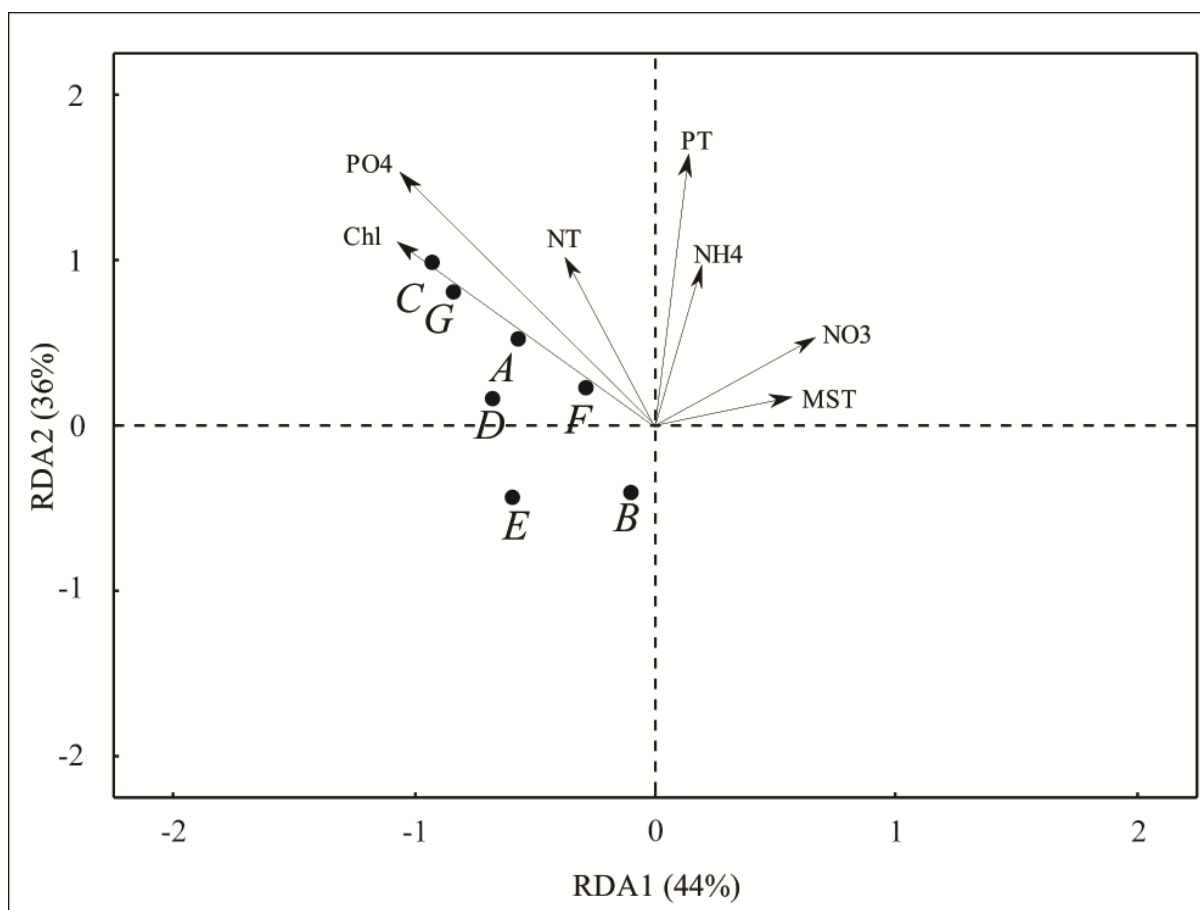


Figura 2. Relação entre as variáveis ambientais e os traços funcionais de amebas testáceas durante o período de cheia. Traços Funcionais: A = Arcellinida; B = Euglyphida; C = aglutinada; D = proteica; E = silicosa; F = presença de vacúolo gasoso; G = ausência de vacúolo gasoso. Variáveis ambientais: MST = material em suspensão total; NT = nitrogênio total; NO3 = nitrato; NH4 = amônia; PT = fósforo total; PO4 = fosfato; Chl = clorofila-*a*. A temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, transparência da água, profundidade, turbidez, alcalinidade e pH, mostraram um alto valor de VIF e foram excluídos da análise dos dados.

Durante o período seca, fósforo total e carapaça proteica (D), nitrogênio total e carapaça silicosa (E), e fosfato e Euglyphida (B) apresentaram correlação negativa (Figura 3).

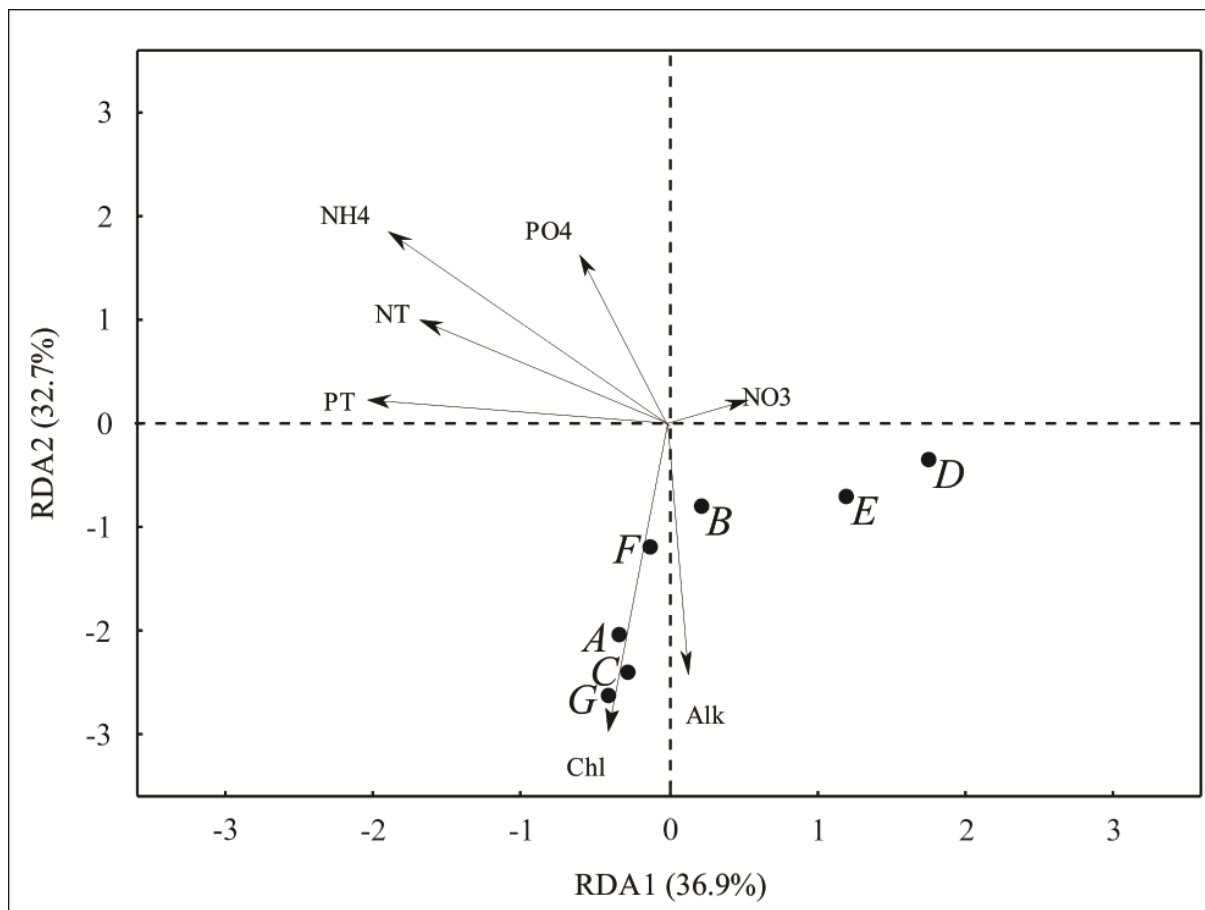


Figure 3. Relação entre as variáveis ambientais e os traços funcionais de amebas testáceas durante o período de seca. Traços Funcionais: A = Arcellinida; B = Euglyphida; C = aglutinada; D = proteica; E = silicosa; F = presença de vacúolo gasoso; G = ausência de vacúolo gasoso. Variáveis ambientais: MST = material em suspensão total; NT = nitrogênio total; NO3 = nitrato; NH4 = amônia; PT = fósforo total; PO4 = fosfato; Chl = clorofila-*a*. A temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, transparência da água, profundidade, turbidez, alcalinidade e pH, mostraram um alto valor de VIF e foram excluídos da análise dos dados.

2.4 DISCUSSÃO

A expressiva contribuição de Difflogiidae e Arcellidae para composição das amebas testáceas é um padrão encontrado em outros estudos em lagoas de planície de inundação (Alves *et al.*, 2010, 2012; Schwind *et al.*, 2015). Além disso, Difflogiidae e Arcellidae representam as famílias com maior número de espécies (Lansac-Tôha *et al.*, 2009; Arriera *et al.*, 2015b). Em geral, comunidades compostas por diferentes espécies, ou seja, com maior diversidade, respondem de forma mais clara às implicações entre os traços funcionais

e as variáveis ambientais (Weiher & Keddy, 1999). Diante disso, pode-se afirmar que os resultados deste estudo permitem prever a distribuição dos traços funcionais das amebas testáceas no ambiente.

Os resultados indicaram que a distribuição dos traços funcionais das amebas testáceas foi diferente entre os períodos hidrológicos. Tanto o pulso de inundação, quanto o isolamento ambiental tiveram influência direta sobre a estruturação das comunidades durante os períodos de cheia e seca, respectivamente. Sabe-se que esses processos permitem uma diferente distribuição temporal em comunidades aquáticas de planícies de inundação (Bonecker *et al.*, 2009; Simões *et al.*, 2012, 2013). Portanto, as espécies podem ser selecionadas de acordo com seus traços funcionais característicos e períodos hidrológicos, permitindo a coexistência de diferentes espécies nos ambientes.

Durante a cheia, o efeito da homogeneização causado pelas inundações é considerado um padrão geral e recorrente. Nessas condições os habitats das planícies de inundação estão conectados. Como resultado, as comunidades e os processos ecológicos tendem a ser mais similares (Thomaz *et al.*, 2007). Dessa forma, os resultados evidenciam que a convergência dos traços funcionais de amebas testáceas pode ser causada pelo efeito da homogeneização das inundações, corroborando com a primeira hipótese predita nesse estudo.

Um recente estudo investigou a variação interanual da comunidade zooplânctônica e de amebas testáceas, buscando inferir as regras de estruturação dessas comunidades em planícies de inundação (Lansac-Tôha *et al.*, 2009). Este estudo mostrou que as diferenças das condições ambientais entre os períodos de cheia e seca são os fatores mais importantes para a estrutura e dinâmica das comunidades de amebas testáceas. Além disso, os autores também inferiram que as inundações contribuem para a dispersão das espécies entre os ambientes. Assim, pode-se afirmar que ambientes sob o efeito da inundação permitem a estruturação das comunidades com uma composição de espécies semelhantes e, conseqüentemente, favorecem a convergência dos traços funcionais de amebas testáceas.

Os resultados também confirmam a segunda hipótese do estudo, de que será encontrada divergência de traços funcionais durante a seca. Nesse período, os habitats aquáticos de planície de inundação são isolados uns dos outros e sujeito a forças locais, tais como interações bióticas (Carvalho *et al.*, 2001). Estas características ambientais podem limitar a ocorrência de traços funcionais semelhantes e impedir a coexistência de espécies (MacArthur & Levins, 1967; Funk *et al.*, 2008), implicando na divergência funcional de traços em comunidades aquáticas.

Diversos estudos têm mostrado que o isolamento ambiental promove alterações na composição da comunidade zooplanctônica nas lagoas de planície de inundação durante a seca (Alves *et al.*, 2005; Bonecker *et al.*, 2005; Serafim-Júnior *et al.*, 2010; Fantin-Cruz *et al.*, 2011), especialmente das amebas testáceas (Lansac-Tôha *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2011). Quanto maior a diversidade de espécies, maior é a competição por recursos (Norberg, 2000) e algumas espécies irão excluir outras que são ecologicamente semelhantes, levando a divergência de traços funcionais (Weiher & Keddy, 1995; Katabuchi *et al.*, 2012). Dessa forma, ambientes isolados poderiam favorecer a divergência de traços funcionais em comunidades de amebas testáceas.

De acordo com os resultados gerados a partir das análises de redundância, houve relações consistentes entre as variáveis ambientais e os traços funcionais de amebas testáceas nos períodos hidrológicos. As variáveis ambientais em cada período hidrológico influenciam as comunidades aquáticas, promovendo alterações que afetam diretamente as espécies, de acordo com sua ocupação funcional (Neiff, 1996; Baranyi *et al.*, 2002). Estudos demonstram que a variabilidade ambiental está associada com a estruturação das comunidades planctônicas em planícies de inundação (Schell *et al.*, 2001; Hobaek *et al.*, 2002). Portanto, essas variações também poderiam influenciar os traços funcionais de amebas testáceas.

Em geral, as variáveis ambientais relacionadas aos recursos alimentares, como a clorofila-*a*, foram positivamente correlacionadas com os traços funcionais das amebas testáceas, em ambos os períodos hidrológicos. Estudos anteriores apoiam os resultados encontrados neste estudo, em que é observada a relação entre a disponibilidade de recursos alimentares e estrutura do zooplâncton (Dodson *et al.*, 2000; Jeppesen *et al.*, 2000, Barnett & Beisner, 2007). Outros estudos também apoiam que os recursos alimentares influenciam a estruturação da comunidade de amebas testáceas (Bastidas-Navarro & Modenutti, 2007). Nesse sentido, os recursos alimentares, como a comunidade fitoplanctônica, cuja biomassa foi estimada pela concentração de clorofila-*a*, podem ser um fator determinante na estruturação da comunidade de amebas testáceas e de seus traços funcionais.

Outras variáveis ambientais foram relacionadas com os traços funcionais nos períodos hidrológicos, como os traços de carapaça de origem silicosa, proteica e Euglyphida. Relações positivas e negativas entre as concentrações de fósforo e de nitrogênio observadas nos períodos hidrológicos, indicaram a influência desses nutrientes sobre os traços funcionais. Estes resultados também estão de acordo com o estudo realizado por Vogt *et al.*

(2013), em que demonstraram que o fósforo e o nitrogênio foram os principais preditores dos grupos funcionais da comunidade zooplanctônica.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo confirmou a influência dos períodos hidrológicos sobre os traços funcionais de amebas testáceas. O fator temporal promoveu a convergência dos traços funcionais no período de cheia devido ao efeito da homogeneização do pulso de inundação. No período de seca, a divergência dos traços funcionais, foi promovido pelo isolamento ambiental, corroborando as hipóteses preditas e, assim, fornecendo mais um descrito ecológico dessas comunidades em ambientes de planície de inundação. Além disso, as diferenças na distribuição dos traços funcionais das amebas testáceas foram acentuadas pela disponibilidade do recurso algal, o que reforça a importância desses organismos na dinâmica do plâncton em lagoas de planície de inundação.

Finalmente, sugerem-se mais estudos que possam contribuir para o entendimento do papel funcional das amebas testáceas na estruturação dos ecossistemas aquáticos, frente a sua eficiência em resposta às variações ambientais, principalmente em ambientes de planície de inundação.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. M., L. F. M. VELHO, F. A. LANSAC-TÔHA, B. ROBERTSON & C. C. BONECKER. 2005. Effect of the connectivity on the diversity and abundance of cladoceran assemblages in lagoons of the upper Paraná river floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17: 317-327.
- ALVES, G. M., F. A. LANSAC-TÔHA, L. F. M. VELHO, C. Y. JOKO & D. M. COSTA. 2007. New records of testate amoebae (Protozoa, Arcellinida) for the Upper Paraná River floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19: 175-195.
- ALVES, G. M., F. A. LANSAC-TÔHA, E. M. TAKAHASHI & L. F. M. VELHO. 2008. Fluctuations of Testate Amoebae Populations (Rhizopoda) in Plankton from Different Environments on the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. *International Review of Hydrobiology*, 49: 227-242.
- ALVES, G. M., L. F. M. VELHO, N. R. SIMÕES & F. A. LANSAC-TÔHA. 2010. Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain. *European Journal of Protistology*, 46: 310-318.
- ALVES, G. M., L. F. M. VELHO, D. M. COSTA & F. A. LANSAC-TÔHA. 2012. Size structure in different habitats from a lake in the upper Paraná River floodplain. *European Journal of Protistology*, 48: 169-177.
- ARRIEIRA, R. L., L. T. F. SCHWIND, C. C. BONECKER & F. A. LANSAC-TÔHA. 2015a. Use of functional diversity to assess determinant assembly processes of testate amoebae community. *Aquatic Ecology*, 49: 561-571.
- ARRIEIRA, R. L., G. M. ALVES, L. T. F. SCHWIND & F. A. LANSAC-TÔHA. 2015b. Local factors affecting the testate amoeba community (Protozoa: Arcellinida; Euglyphida) in a Neotropical floodplain. *Journal of Limnology*, 74: 444-452.
- BARANYI, C., T. HEIN, C. HOLAREK, S. KECKEIS & F. SCHIEMER. 2002. Zooplankton biomass and community structure in a Danube River floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater of Biology*, 47: 473-482.
- BARNETT, A. & B. BEISNER. 2007. Zooplankton biodiversity and lake trophic state: explanations invoking resource abundance and distribution. *Ecology*, 88: 1675-1686.

- BASTIDAS-NAVARRO, M. & B. MODENUTTI. 2007. Efecto de la estructuración por macrófitas y por recursos alimentarios en la distribución horizontal de tecamebas y rotíferos en un lago andino patagónico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80: 345-362.
- BEYENS, L. & R. MEISTERFELD. 2001. Protozoa: Testate amoebae. In: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (ed.): 121-153. Kluwer Academic Publishers: Netherlands.
- BONECKER, C. C., C. L. DA COSTA, L. F. M. VELHO & F. A. LANSAC-TÔHA. 2005. Diversity and abundance of the planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State - Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia*, 546: 405-414.
- BONECKER, C. C., A. S. M. AOYAGUI & R. M. SANTOS. 2009. The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 529-537.
- BONNET, L. 1975. Types morphologiques, écologie et évolution de la thèque chez les Thécamoebiens. *Protistologica*, 11: 363-378.
- BORCARD, D., P. LEGENDRE & P. DRAPEAU. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73: 1045-1055.
- BOTTRELL, H. H., A. DUNCAN, Z. M. GLIWICZ, E. GRYIEK, A. HEZIG, A. HILLBRICHT-ILKOWSKA, H. KURASAWA, P. LARSSON & T. WEGLENSKA. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, 24: 419-456.
- CARVALHO, P., L. M. BINI, S. M. THOMAZ, L. G. OLIVEIRA, B. ROBERTSON, W. L. G. TAVECHIO & A. J. DARWISCH. 2001. Comparative limnology of South-American lakes and lagoons. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 23: 265-273.
- CAVENDER-BARES, J., A. KEEN & B. MILES. 2006. Phylogenetic structure of Floridian plant communities depends on taxonomic and spatial scale. *Ecology*, 87: S109-S122.
- CIANCIARUSO, M. V., I. A. SILVA & M. A. BATALHA. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9: 93-103.

- COSTA, D. M., G. M. ALVES, L. F. M. VELHO & F. A. LANSAC-TÔHA. 2011. Species richness of testate amoebae in different environments from the upper Paraná river floodplain (PR/MS). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 33: 263-270.
- DEFLANDRE, G. 1928. Le genre *Arcella* Eherenberg. *Archiv für Protistenkunde*, 64: 125-287.
- DEFLANDRE, G. 1929. Le genre *Centropyxis* Stein. *Archiv für Protistenkunde*, 67: 322-375.
- DODSON, S. I., S. E. ARNOTT & K. L. COTTINGHAM. 2000. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology*, 81: 2662-2679.
- FANTIN-CRUZ, I., S. M. LOVERDE-OLIVEIRA, C. C. BONECKER & P. D. GIRAD. Relationship between the structure of zooplankton community and the water level in a floodplain lake from the Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 33: 271-279.
- FOISSNER, W. 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 95-112.
- FOURNIER, B., E. MALYSHEVA, Y. MAZEI, M. MORETTI & E. A. D. MITCHELL. 2012. Toward the use of testate amoeba functional traits as indicator of floodplain restoration success. *European Journal of Soil Biology*, 49: 85-91.
- FOURNIER, B., F. GILLET, R. LE BAYON, E. A. D. MITCHELL & M. MORETTI. 2015. Functional responses of multitaxa communities to disturbance and stress gradients in a restored floodplain. *Journal of Applied Ecology*, 52: 1364-1373.
- FUNK, J. L., E. E. CLELAND, K. N. SUDING & E. S. ZAVALETA. 2008. Restoration through reassembly: Plant traits and invasion resistance. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 695-703.
- GAUTHIER-LIEVRÈ, L. & R. THOMAS. 1958. Le genre *Diffugia*, *Pentagonia*, *Marghrebica* et *Hoogenraadia* (Rhizopodes Testacès) em Afrique. *Archiv für Protistenkunde*, 103: 1-370.
- GAUTHIER-LIEVRÈ, L. & R. THOMAS. 1960. Le genre *Curcurbitella* Pénard. *Archiv für Protistenkunde*, 10: 569-60.

- GOLTERMAN, H. L., R. S. CLYMO & M. A. M. OHNSTAD. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- HOBBAEK, A., M. MANCA & T. ANDERSEN. 2002. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. *Acta Oecologica*, 23: 155-163.
- JEPPESEN, E., J. P. JENSEN, M. SONDERGAARD, T. LAURIDSEN & F. LANDKILDEHUS. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, 45: 201-218.
- JUNK, W. J., P. B. BAYLEY & R. R. SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. In: *Proceedings of the International Large River Symposium*. D. P. Dodge (ed.): 110-127. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.
- KATABUCHI, M., H. KUROKAWA, S. J. DAVIES, S. TAN & T. NAKASHIZUKA. 2012. Soil resource availability shapes community trait structure in the species-rich dipterocarp forest. *Journal of Ecology*, 100: 643-651.
- LALIBERTÉ, E. & P. LEGENDRE. 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91: 299-305.
- LANSAC-TÔHA, F. A., G. M. ALVES, L. F. M. VELHO, B. A. ROBERTSON & C. Y. JOKO. 2008. Composition and occurrence of testate amoebae in the Curuá-Una Reservoir (State of Pará, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20: 177-195.
- LANSAC-TÔHA, F. A., C. C. BONECKER, L. F. M. VELHO, N. R. SIMÕES, J. D. DIAS, G. M. ALVES & E. M. TAKAHASHI. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the upper Paraná river floodplain: interannual variation from long-term studies. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 539-549.
- LANSAC-TÔHA, F. A., L. F. M. VELHO, D. M. COSTA, N. R. SIMÕES & G. M. ALVES. 2014. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a Neotropical floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 74: 181-190.
- LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier Science Ltd., Amsterdam.
- LEGENDRE, P. & E. D. GALLAGHER. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129: 271-280.

- LUCK, G. W., A. CARTER & L. SMALLBONE. 2013. Changes in bird functional diversity across multiple land uses: interpretations of functional redundancy depend on functional group identity. *Plos One*, 8: 1-11.
- MACARTHUR, R. H. & R. LEVINS 1967. The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, 101: 377-385.
- MACKERETH, F. J. H., J. HERON & J. F. TALLING. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshwater Biology*, 36: 120.
- MAZEI, Y. & A. WARREN. 2012. A survey of the testate amoeba genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and C.G. Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 1: Species with shells that are pointed aborally and/or have aboral protuberances. *Protistology*, 7: 121–171.
- MAZEI Y. & A. WARREN. 2014. A survey of the testate amoebae genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and C.G. Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 2: Species with shells that are pyriform or elongate. *Protistology*, 8: 133-171.
- MEISTERFELD, R. 2002. *Testate amoebae with filopodia*. In: J. J. Lee, G. F. Leedale & P. Bradbury (ed.) *The illustrated guide to the protozoa*. Society of Protozoologists, Lawrence.
- MENDEZ, V., J. A. GILL, N. H. K. BURTON, G. E. AUSTIN, O. L. PETCHEY & R. G. DAVIES. 2012. Functional diversity across space and time: trends in wader communities on British estuaries. *Diversity and Distribution*, 18: 356-365.
- NEIFF, J. J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 26: 167-180.
- NIKOLAEV, S. I., E. A. D., MITCHELL, N. B. PETROV, J. FAHRNI & J. PAWLOWSKI. 2005. The testate lobose amoebae (Order Arcellinida Kent, 1880) finally find their home within Amoebozoa. *Protist*, 156: 156-191.
- NORBERG, J. 2000. Resource-niche complementarity and autotrophic compensation determines ecosystem-level responses to increased cladoceran species richness. *Oecologia*, 122: 264-272.
- OGDEN, C.L G. 1991. Gas vacuoles and flotation in the testate amoeba *Arcella discoides*. *The Journal of Protozoology*, 38: 269-270.

- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET & R. KINDT. 2012. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-6. Available from: <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- PETCHEY, O. L. & K. J. GASTON. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9: 741-758.
- PILLAR, V., L. DUARTE, E. SOSINSKI & F. JONER. 2009. Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients. *Journal of Vegetation Science*, 20: 334-348.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available from: <http://www.R-project.org>.
- RODRIGUES, L. & D. C. BICUDO. 2004. Periphytic algae. In: *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (ed.): 125-143. Backhuys Publishers, Leiden.
- ROBERTO, M. C., N. F. SANTANA & S. M. THOMAZ. 2009. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 717-725.
- SCHELL, J. M., C. J. SANTOS-FLORES, P. E. ALLEN, B. M. HUNKER, S. KLOEHN, A. MICHELSON, R. A. LILLIE & S. I. DODSON. 2001. Physical-chemical influences on vernal zooplankton community structure in small lakes and wetlands of Wisconsin, USA. *Hydrobiologia*. 445: 37-50.
- SCHWIND, L. T. F., J. D. DIAS, C. Y. JOKO, C. C. BONECKER & F. A. LANSAC-TÔHA. 2013. Advances in studies on testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 35: 549-555.
- SCHWIND, L. T. F., R. L. ARRIEIRA, J. D. DIAS, N. R. SIMÕES, C. C. BONECKER & F. A. LANSAC-TÔHA. 2015. The structure of planktonic communities of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in three environments of the Upper Paraná River basin, Brazil. *Journal of Limnology*, doi: 10.4081/jlimnol.2015.1180.
- SCOTT, D. B., J. R. SUTER & E. C. KOSTERS. 1991. Marsh foraminifera and arcellaceans of the lower Mississippi Delta: controls on spatial distributions. *Micropaleontology*, 37: 373-392.

SERAFIM-JÚNIOR, M., G. PERBICHE-NEVES, L. BRITO, A. R. GHIDINI & S. M. C. CASANOVA. 2010. Variação espaço-temporal de Rotifera em um reservatório eutrofizado no sul do Brasil. *Iheringia*, 100: 233-241.

SIMÕES, N. R., F. A. LANSAC-TÔHA & C. C. BONECKER. 2012. Intra and inter-annual structure of zooplankton communities in floodplain lakes: a long-term ecological research study. *Revista de Biología Tropical*, 60: 1819-1836.

SIMÕES, N. R., J. D. DIAS, C. M. LEAL, M. B. L. SOUZA, F. A. LANSAC-TÔHA & C. C. BONECKER. 2013. Floods control the influence of environmental gradients on the diversity of zooplankton communities in a Neotropical floodplain. *Aquatic Sciences*, 75: 607-617.

SOUZA, M. B. G. 2008. *Guia das Tecamebas. Bacia do rio Peruaçu - Minas Gerais. Subsídio para conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco*. Editora UFMG, Belo Horizonte.

THOMAZ, S. M., L. M. BINI & R. L. BOZELLI. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 579: 1-13.

VELHO, L. F. M. & F. A. LANSAC-TÔHA. 1996. Testate amoebae (Rhizopodea - Sarcodina) from zooplankton of the high Paraná river floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil: II. Family Diffflugidae. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31: 179-192.

VELHO, L. F. M., F. A. LANSAC-TÔHA & M. SERAFIM-JUNIOR. 1996. Testate amoebae (Rhizopodea- Sarcodina) from zooplankton of the high Paraná river floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. I. Families Arcellidae and Centropyxidae. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31: 135-150.

VELHO, L. F. M., F. A. LANSAC-TÔHA & L. M. BINI. 2003. Influence of environmental heterogeneity on the structure of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) assemblages in the plankton of the upper Paraná river floodplain, Brazil. *International Review of Hydrobiology*, 88: 154-166.

VILLÉGER, S., N. W. H. MASON & D. MOUILLOT. 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89: 2290-2301.

VIOLLE, C., L. M. L. NAVAS, D. VILE, E. KAZAKOU, C. FORTUNEL, I. HUMMEL & E. GARNIER. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116: 882-892.

VOGT, R. J., B. E. BEISNER & Y. T. PRAIRIE. 2010. Functional diversity is positively associated with biomass for lake diatoms. *Freshwater Biology*, 55: 1636-1646.

VOGT, R. J., P. R. PERES-NETO & B. E. BEISNER. 2013. Using functional traits to investigate the determinants of crustacean zooplankton community structure. *Oikos*, 122: 1700-1709.

WEIHER, E. & P. A. KEDDY. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. *Oikos*, 74: 159-164.

WEIHER, E. & P. A. KEDDY. 1999. *Ecological assembly rules: perspectives, advances and retreats*. Cambridge University Press, Cambridge.

3. GRADIENTE DE PRODUTIVIDADE AFETA A DINÂMICA TEMPORAL DA COMUNIDADE DE AMEBAS TESTÁCEAS EM UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO NEOTROPICAL²

RESUMO

As amebas testáceas são comunidades aquáticas que podem sofrer influência da variação temporal das concentrações das variáveis de produtividade nos ambientes, bem como atuar como grupo indicador ou substituto dessas condições. Analisamos o efeito da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a comunidade de amebas testáceas em lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná. A hipótese avaliada foi de que a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas mudarão ao longo de um gradiente ambiental, descrito pela alternância do estabelecimento dos táxons de acordo com os intervalos de mudanças nas concentrações das variáveis de produtividade. Além disso, o acréscimo e a diminuição de espécies na comunidade serão observados nos pontos de mudança relacionados às maiores e menores concentrações, respectivamente, das variáveis de produtividade. As coletas foram realizadas em seis lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná, entre os anos de 2000 e 2012. A variação temporal da abundância e frequência da comunidade de amebas testáceas ao longo do gradiente ambiental foi testada através da análise TITAN. Foram registrados 110 táxons pertencentes a dez famílias. A TITAN identificou pontos de mudança positivos e negativos significativos, em resposta à concentração de clorofila-*a*, fósforo e nitrogênio totais sobre a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas. Os resultados indicaram que os intervalos de mudança nas concentrações das variáveis de produtividade ocasionaram a alternância do estabelecimento dos táxons. Além disso, revelaram as espécies indicadoras do aumento e diminuição das concentrações dessas variáveis ambientais, confirmando a importância do papel bioindicador desses organismos em ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Protozoa, limiar de produtividade, espécies indicadoras, variação temporal.

ABSTRACT

The testate amoebae are aquatic communities can suffer influence of temporal variation of the changing concentrations of productivity variables in the environment, and act as an indicator group or substitute of these conditions. This study analyzed the effect of temporal variation in the productivity variables on testate amoebae community of the upper Paraná River floodplain. Therefore, we evaluated the hypothesis that the frequency and abundance of testate amoebae community change along an environmental gradient, which would be described by changes in the establishment of certain taxa, according to the changes in the concentrations of productivity variables. Furthermore, the increase and decrease of species would be observed in the change points related to higher and lower levels of the productivity variables, respectively. Samples were collected in six lakes in the upper Paraná River floodplain, between the years 2000 and 2012. The temporal variation of the abundance and frequency of testate amoebae community along the environmental gradient was tested by TITAN analysis. We recorded 110 taxa belonging to ten families. The TITAN identified positive and negative significant shift points in response to the concentration of chlorophyll-*a*, total nitrogen and phosphorus on the frequency and abundance of testate amoebae community. The results indicated change intervals in concentrations of productivity variables, which alternated the establishment of taxa. Therefore, these results also revealed

indicator species of increase and decrease the concentrations of environmental variables, confirming the importance of bioindicator role of these organisms in aquatic ecosystems.

Keywords: Protozoa, threshold productivity, indicator species, temporal variation.

3.1 INTRODUÇÃO

Em sistemas aquáticos os organismos respondem diretamente às alterações na composição química e física da água, especialmente às concentrações de clorofila-*a*, fósforo e nitrogênio (Pagioro et al., 2005). Essas variáveis ambientais influenciam o estabelecimento das espécies nesses locais por serem potencialmente limitantes para a produção do ambiente (Wall et al., 2001). Além disso, são variáveis ambientais importantes para a produtividade em ecossistemas aquáticos, pois estão diretamente ligadas à disponibilidade de recursos alimentares para a cadeia microbiana e indiretamente para os demais organismos aquáticos (Auer et al., 2004).

Assim, as diferenças nas concentrações das variáveis ambientais que influenciam a produtividade podem, então, afetar a disponibilidade de recursos e a complexidade da estruturação dos habitats (Matsumura-Tundisi et al., 1986). Com isso, podem interferir nas interações entre as espécies e, assim, promover mudanças na estrutura das comunidades aquáticas (Cotner e Biddanda, 2002).

Estudos têm revelado que a variação no número de espécies e, conseqüentemente, na estruturação das comunidades, é favorecida ou limitada pela produtividade dos ecossistemas (Schmid 2002; Worm e Duffy 2003; Cardinale et al., 2009). Dessa forma, a variação temporal das diferentes concentrações das variáveis de produtividade pode atuar como filtros ambientais sobre as comunidades aquáticas (Armynot du Châtelet et al., 2004). Como consequência, essas variáveis ambientais podem restringir o estabelecimento de algumas espécies em determinado momento e selecionar espécies mais tolerantes às novas condições ambientais (Ferraro et al., 2006).

Nesse contexto, um grupo de espécies pode ser utilizado como indicador ou substituto de outro no ambiente, frente à variação temporal das concentrações das variáveis de produtividade (Heino, 2010; Padial et al., 2012). Dessa forma, as respostas dessas espécies, frente às alterações ambientais, permitem identificar a amplitude da variação ambiental suportada por esses organismos (Simões et al., 2012). Mediante essas respostas, esses organismos podem ser utilizados como ferramentas para intervir racionalmente sobre

atividades de manejo ambiental, auxiliando na implementação de estratégias de planejamento e conservação da biodiversidade (Palmer et al., 2013).

As amebas testáceas são comunidades aquáticas que podem sofrer influência da variação da produtividade nos ambientes e atuar como grupo indicador ou substituto dessas condições. Esses organismos pertencem a um grupo polifilético de protozoários de vida livre (Smith et al., 2008) que possuem ampla distribuição, elevada riqueza e abundância de espécies em sistemas de planície de inundação (Lansac-Tôha et al., 2007; Alves et al., 2010). Além disso, apresentam outras características tais como tamanho reduzido, curto tempo de geração e elevada taxa de dispersão, que atribuem vantagens ecológicas e as tornam interessantes nas investigações científicas, tanto em escala espacial quanto temporal (Foissner, 1999; Schwind et al., 2013).

Diante disso, o conhecimento a respeito das mudanças na estrutura das comunidades indicadoras da produtividade dos ambientes aquáticos pode possibilitar previsões sobre o estado futuro ou a dinâmica de um sistema (Pace, 2001). Portanto, esse estudo objetivou analisar o efeito da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a comunidade de amebas testáceas em lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná.

A hipótese sugerida foi que a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas mudarão ao longo de um gradiente ambiental, descrito pela alternância do estabelecimento dos táxons de acordo com os intervalos de mudanças nas concentrações das variáveis de produtividade. Além disso, espera-se que o acréscimo e a diminuição de espécies serão observados nos pontos de mudança relacionados às maiores e menores concentrações das variáveis de produtividade, respectivamente. E ainda, que essas condições ocorram devido ao fato de os ambientes mais produtivos favorecerem a frequência e abundância de amebas testáceas, enquanto que os menos produtivos poderiam limitá-las nos ambientes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Esse estudo foi desenvolvido na planície de inundação do alto rio Paraná, que faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Várzea do rio Paraná, Brasil (22°40' - 22°50'S e 53°10' - 53°40'W) (Figura 1).

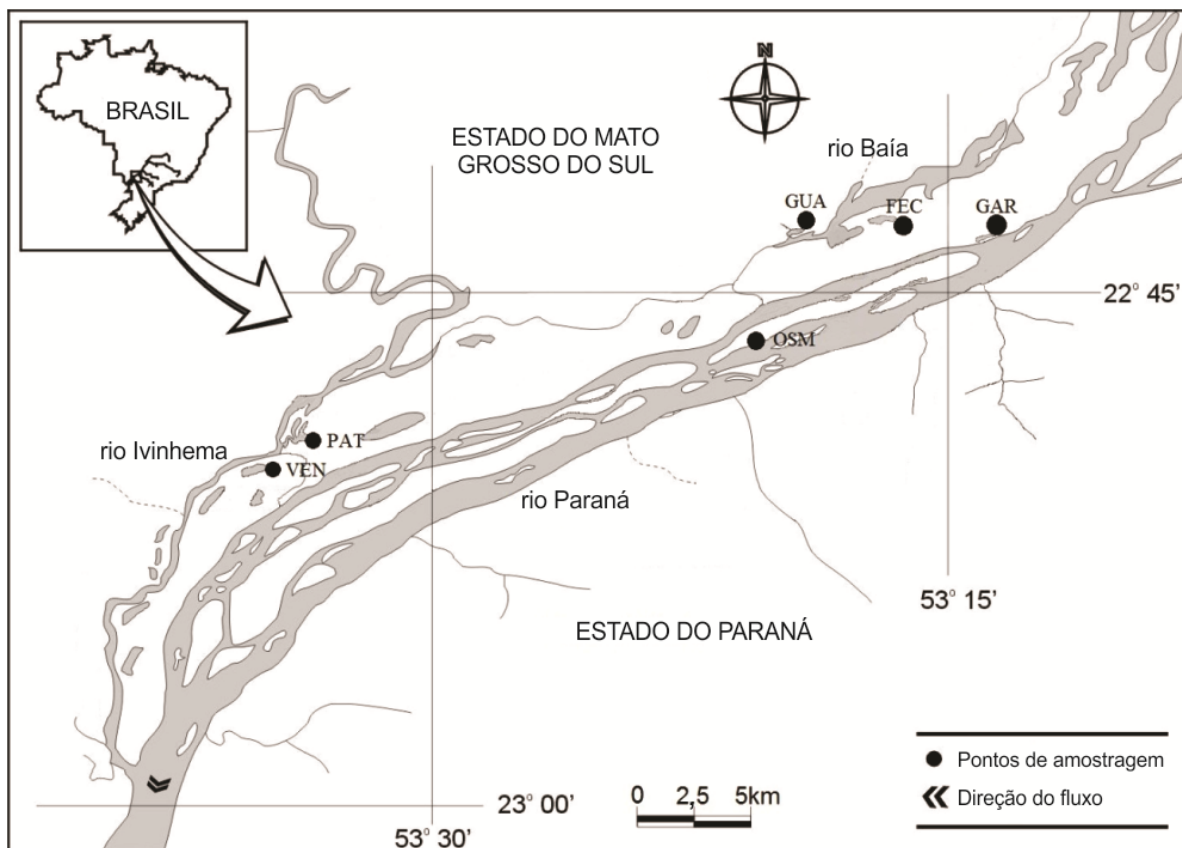


Figura 1. Locais de amostragem dos ambientes na planície de inundação do alto rio Paraná (GAR= lagoa das Garças; PAT= lagoa dos Patos; FEC= lagoa Fechada; GUA= lagoa Guaraná; VEN= lagoa Ventura; OSM= lagoa Osmar).

As amostragens foram realizadas em seis lagoas inseridas nessa planície de inundação, pertencentes a três bacias formadas pelo rio principal (sistema do rio Paraná) e por dois principais tributários (sistemas dos rios Baía e Ivinhema).

O sistema Paraná é formado pelo rio Paraná, associado a lagoas, canais e várzeas. O trecho estudado deste rio possui várias ilhas e ressacos, apresentando profundidade média de 4 m. O sistema Baía inclui o rio Baía e um grande número de lagoas associadas ao longo do curso do rio. Este rio é conectado ao rio Paraná através de um canal no trecho inferior e apresenta média de profundidade de 3,2 m. É um rio sinuoso, com reduzida velocidade de corrente, diretamente influenciado pelo regime hidrológico do rio Paraná. O sistema Ivinhema é composto por lagoas associadas ao rio Ivinhema. Esse é um dos principais tributários da margem direita do rio Paraná, com profundidade média de 3,9 m. Ele é conectado ao rio Baía através do canal Curutuba e ao rio Paraná pelo canal Ipoitã e outros dois canais (Thomaz et al., 1992).

3.2.2 Delineamento amostral

As amostragens dos organismos foram realizadas trimestralmente durante os anos de 2000 a 2012, à subsuperfície da região limnética de cada lagoa, filtrando 600 litros de água em rede de plâncton (68 μm) com o auxílio de bomba de sucção. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno, devidamente etiquetados, fixadas com solução de formaldeído 4% e tamponadas com carbonato de cálcio.

As amebas testáceas foram identificadas com auxílio da seguinte bibliografia básica: Deflandre (1928, 1929), Gauthier-Lièvre & Thomaz (1958, 1960), Velho e Lansac-Tôha (1996), Velho et al. (1996), Alves et al. (2007), Souza (2008), Mazei e Warren (2012, 2014) e Lansac-Tôha (2014).

Para a estimativa da abundância dos indivíduos, foram obtidas subamostragens com pipeta tipo Hensen-Stempel (2,5 mL). Foram contados, no mínimo, 50 indivíduos de amebas testáceas em câmaras de Sedgewick-Rafter sob microscópio óptico, de acordo com a metodologia modificada de Bottrell et al. (1976). A abundância foi expressa em indivíduos por m^{-3} .

Concomitantemente às amostragens dos organismos foram tomadas as medidas das variáveis ambientais: nitrogênio total ($\mu\text{g L}^{-1}$), fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) e clorofila-*a* ($\mu\text{g L}^{-1}$). As análises da clorofila e do fósforo total foram realizadas em laboratório de acordo com a metodologia de Golterman et al. (1978) e a do nitrogênio total de acordo com Mackereth et al. (1978).

3.2.3 Análise dos dados

A variação temporal da abundância e frequência da comunidade de amebas testáceas ao longo do gradiente ambiental (variáveis de produtividade) foi testada através da análise TITAN (*Threshold Indicator Taxa Analysis*) (Baker e King, 2010).

Esta análise permite a identificação de limites ou pontos de mudanças para cada táxon e toda comunidade ao longo do gradiente ambiental, detectando alterações na distribuição das espécies. A TITAN utiliza os valores de IndVal (*Value Indicator*) para identificar esses pontos de mudança. Uma espécie é considerada significativamente associada a resposta positiva (z+) ou negativa (z-) para as variáveis ambientais, quando o IndVal for menor que 0,05 e os valores de pureza e confiabilidade maiores que 0,95. Espécies raras, ou seja, que ocorreram em menos de três unidades amostrais foram excluídas para remover o efeito de *outliers*.

A análise estatística foi realizada com o software R, versão 3.2.2 (R Core Team, 2015) utilizando o pacote *mypart* (De'ath, 2014).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Composição da comunidade de amebas testáceas

Nesse estudo, a comunidade de amebas testáceas foi representada por 110 táxons pertencentes a 10 famílias. Diffugiidae apresentou o maior número de táxons (56 táxons), seguida por Arcellidae (22 táxons), Centropyxidae (13 táxons) e Lesquereusiidae (9 táxons). As famílias com menores números de táxons foram: Trigonopyxidae (três táxons), Hyalosphaeniidae e Plagiopyxidae (dois táxons cada), Cyphoderiidae, Euglyphidae e Phryganellidae (um táxon cada) (Apêndice B).

3.3.2 Caracterização e variação das condições ambientais

Durante o período de estudo a planície de inundação apresentou variação expressiva nas variáveis ambientais que influenciam a produtividade. A concentração de clorofila-*a* apresentou a maior variação temporal (128,5%), de acordo com o coeficiente de variação, seguida pelas concentrações de nitrogênio total (72,9%) e fósforo total (69,7%) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis ambientais na planície de inundação do alto rio Paraná no período de estudo.

Variáveis Ambientais	Mínimo	Máximo	Média	CV %
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,1	109,2	11,9	128,5
Fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	6,2	313,6	66,5	69,7
Nitrogênio total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	73,3	4473,0	808,4	72,9

3.3.3 Variabilidade temporal da comunidade de amebas testáceas ao longo do gradiente ambiental

A TITAN identificou pontos de mudança significativos em resposta à concentração de clorofila-*a* sobre a frequência e abundância de amebas testáceas (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da TITAN para a comunidade de amebas testáceas em resposta para a concentração de clorofila-*a*. Obs.= Ponto de mudança observado; 5% e 95% = quantis limiares. Direção da resposta dada por z- (negativa) e z+ (positiva).

Variáveis ambientais	Método	Ponto de mudança da comunidade		
		Obs.	5%	95%
Clorofila-<i>a</i>	z-	1,55	1,1	8,5
	z+	21,1	10,4	58,9
Fósforo total	z-	21,9	18,6	35,0
	z+	183,3	78,4	203,9
Nitrogênio total	z-	197,1	190,9	505,9
	z+	1909,4	785,3	2544,1

O ponto de mudança da resposta negativa (z-) foi identificado na concentração de $1,55 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que o ponto de mudança da resposta positiva (z+) foi observado na concentração de $21,1 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 2A). Foram identificados, ainda, 35 táxons considerados indicadores da mudança temporal da comunidade de amebas testáceas, com valores significativos para o gradiente ambiental, relacionados à concentração de clorofila-*a* ($p < 0,05$) (Figura 2B).

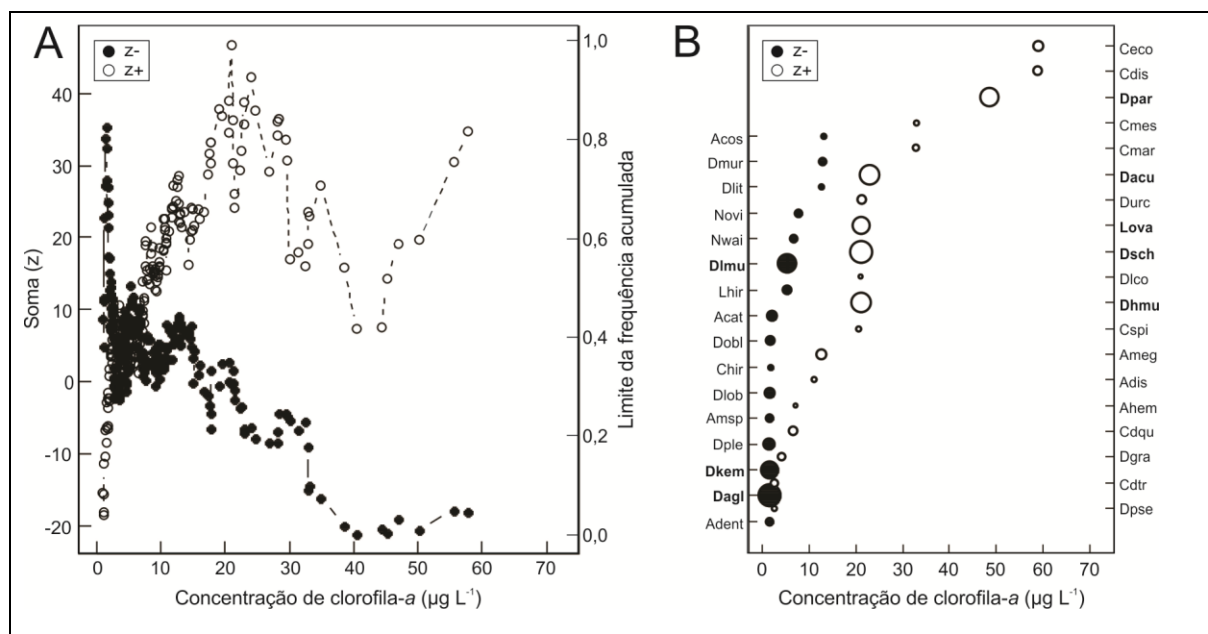


Figura 2. Representação gráfica dos resultados da TITAN, em resposta a mudanças na frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas, ao longo do gradiente ambiental da concentração de clorofila-*a* (A). Os táxons indicadores significativos apresentam valores de IndVal < 0,05 para 500 permutações (B). Táxons indicadores negativos (z-) (círculos pretos) e positivos (z+) (círculos brancos) sugerem resposta negativa e positiva ao aumento das concentrações de clorofila-*a* (círculos pretos), respectivamente. O diâmetro dos círculos é proporcional à magnitude da resposta. Nomes das espécies indicadoras estão disponíveis no Apêndice C.

A maioria dos táxons (n=19) mostrou uma resposta positiva em relação à concentração de clorofila-*a* ao longo do gradiente ambiental. Os táxons com maior magnitude à resposta positiva, variando em torno de 20 a 50 µg L⁻¹, foram: *Diffflugia. parva*, *D. acuminata*, *L. ovalis*, *D. schuurmani* e *D. helvetica multilobata* (Apêndice D). A resposta negativa à concentração de clorofila-*a*, ao longo do gradiente ambiental, foi observada para 16 táxons de amebas testáceas. Dentre eles, os táxons que apresentaram maior magnitude à resposta negativa, em torno de 0,1 a 08 µg L⁻¹, foram: *D. lobostoma multilobata*, *D. kempny* e *D. amphoralis* (Apêndice D). A abundância e frequência dos táxons indicadores de resposta negativa (z-) começaram a declinar a partir da concentração de clorofila-*a* em torno de 0,1 µg L⁻¹ e continuaram diminuindo, até a concentração em torno de 10,0 µg L⁻¹. Aproximadamente, a partir da concentração de clorofila-*a* de 0,2 µg L⁻¹, foi observado um ganho de táxons indicadores de resposta positiva (z+), continuando a ocorrer até, aproximadamente, a concentração de 60,0 µg L⁻¹ (Figura 2B).

A TITAN identificou pontos de mudança significativos, em resposta à concentração de fósforo total sobre a frequência e abundância de amebas testáceas (Tabela 2). O ponto de mudança da resposta negativa (z-) foi identificado na concentração de 21,9 µg L⁻¹, enquanto

que o ponto de mudança da resposta positiva foi observado na concentração de $183,3 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3A). Foram identificados, ainda, 43 táxons considerados indicadores da mudança temporal da comunidade de amebas testáceas, com valores significativos para o gradiente ambiental, relacionados à concentração de fósforo total ($p < 0,05$) (Figura 3B).

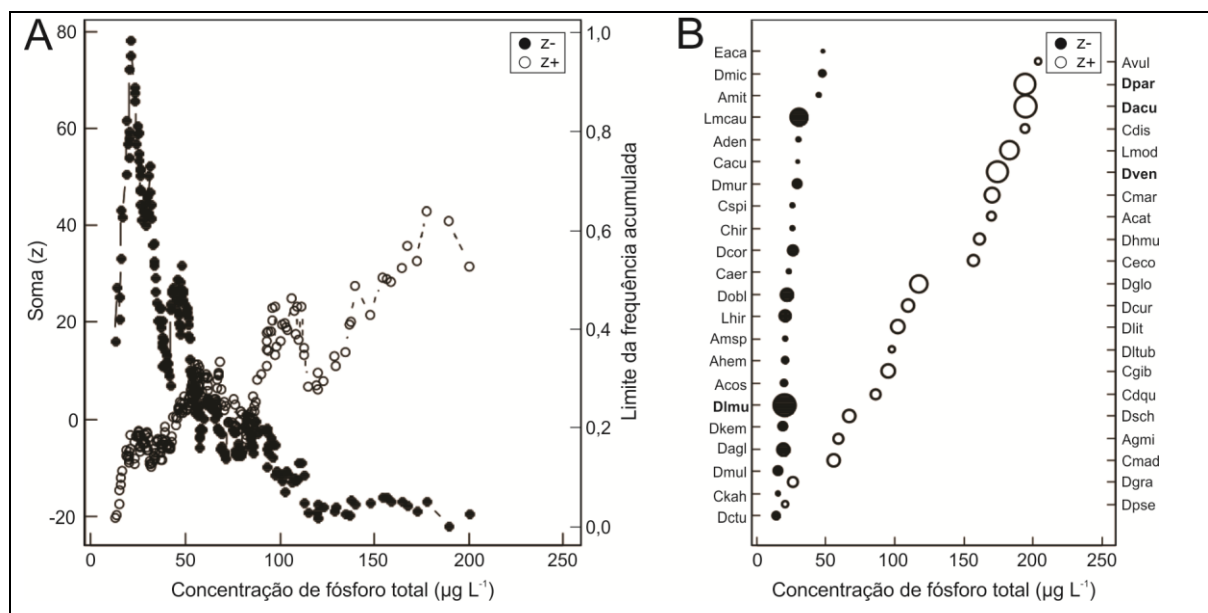


Figura 3. Representação gráfica dos resultados da TITAN, em resposta a mudanças na frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas, ao longo do gradiente ambiental da concentração de fósforo total (A). Os táxons indicadores significativos apresentam valores de $\text{IndVal} < 0,05$ para 500 permutações (B). Táxons indicadores negativos (z-) (círculos pretos) e positivos (z+) (círculos brancos) sugerem resposta negativa e positiva ao aumento das concentrações de fósforo total (círculos pretos), respectivamente. O diâmetro dos círculos é proporcional à magnitude da resposta. Nomes das espécies indicadoras estão disponíveis no Apêndice C.

No total, 21 táxons mostraram uma resposta positiva em relação à concentração de fósforo total ao longo do gradiente ambiental. Os táxons com maior magnitude à resposta positiva, variando em torno de 170 a $200 \mu\text{g L}^{-1}$, foram: *D. parva*, *D. acuminata* e *D. ventricosa* (Apêndice D). A resposta negativa à concentração de fósforo total, ao longo do gradiente ambiental, foi observada para 22 táxons de amebas testáceas. Dentre eles, apenas *D. lobostoma multilobata* (Apêndice D) apresentou maior magnitude a essa resposta, em torno de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. A abundância e frequência dos táxons indicadores de resposta negativa (z-) começaram a declinar a partir da concentração de fósforo total em torno de $10,0 \mu\text{g L}^{-1}$, e continuaram diminuindo, até a concentração em torno de $49,0 \mu\text{g L}^{-1}$. Aproximadamente, a partir da concentração de fósforo total de $20,0 \mu\text{g L}^{-1}$, foi observado um ganho de táxons

indicadores de resposta positiva (z+), continuando a ocorrer até, aproximadamente, a concentração de $200,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3B).

A TITAN identificou pontos de mudança significativos em resposta à concentração de nitrogênio total sobre a frequência e abundância de amebas testáceas (Tabela 2). O ponto de mudança da resposta negativa (z-) foi identificado na concentração de $197,1 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que o ponto de mudança da resposta positiva foi observado na concentração de $1909,4 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 4A). Foram identificados, ainda, 52 táxons considerados indicadores da mudança temporal da comunidade de amebas testáceas, com valores significativos para o gradiente ambiental, relacionados à concentração de nitrogênio total ($p < 0,05$) (Figura 4B).

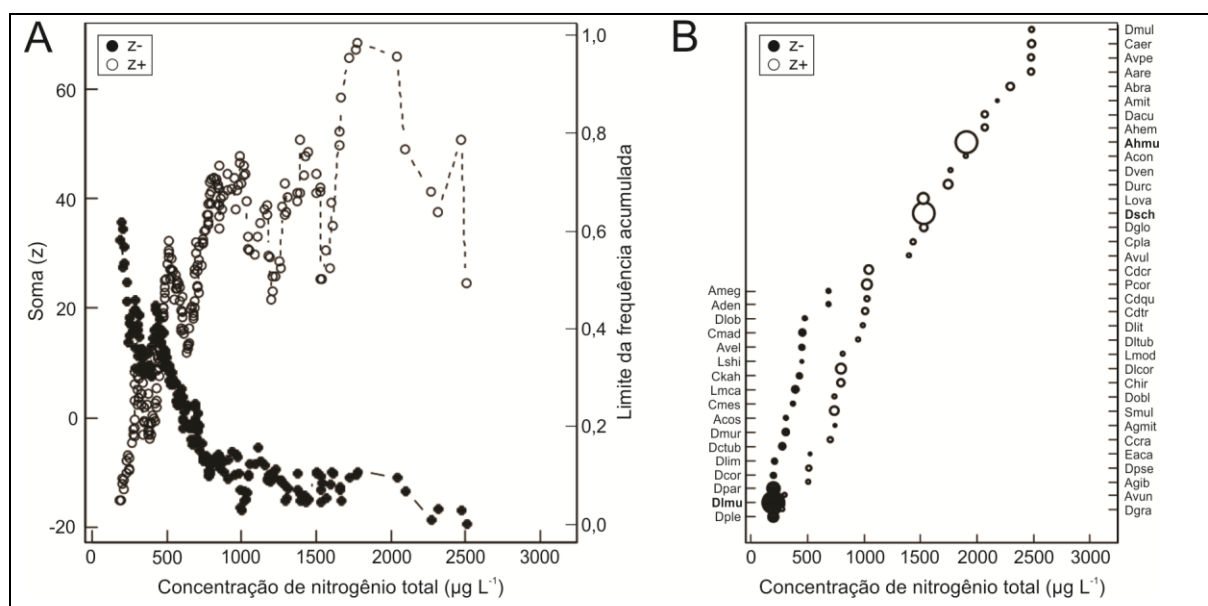


Figura 4. Representação gráfica dos resultados da TITAN, em resposta a mudanças na frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas, ao longo do gradiente ambiental da concentração de nitrogênio total (A). Os táxons indicadores significativos apresentam valores de $\text{IndVal} < 0,05$ para 500 permutações (B). Táxons indicadores negativos (z-) (círculos pretos) e positivos (z+) (círculos brancos) sugerem resposta negativa e positiva ao aumento das concentrações de nitrogênio total (círculos pretos), respectivamente. O diâmetro dos círculos é proporcional à magnitude da resposta. Nomes das espécies indicadoras estão disponíveis no Apêndice C.

A maioria dos táxons ($n=35$) mostrou uma resposta positiva em relação à concentração de nitrogênio total ao longo do gradiente ambiental. Os táxons com maior magnitude à resposta positiva, variando em torno de 1500 a $1900 \mu\text{g L}^{-1}$, foram: *D. helvetica multilobata* e *D. schuurmani* (Apêndice D). A resposta negativa à concentração de nitrogênio total, ao longo do gradiente ambiental, foi observada para 17 táxons de amebas testáceas. Dentre eles, apenas *D. lobostoma multilobata* (Apêndice D) apresentou maior

magnitude à resposta negativa, em torno de $200 \mu\text{g L}^{-1}$. A abundância e frequência dos táxons indicadores de resposta negativa (z-) começaram a declinar a partir da concentração de nitrogênio total, em torno de $200 \mu\text{g L}^{-1}$, e continuaram diminuindo, até a concentração em torno de $700 \mu\text{g L}^{-1}$. Aproximadamente, a partir da concentração de nitrogênio total de $500 \mu\text{g L}^{-1}$, foi observado um ganho de táxons indicadores de resposta positiva (z+), continuando a ocorrer até, aproximadamente, a concentração de $2500 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 4B).

3.4 DISCUSSÃO

As variáveis de produtividade tiveram grande influência temporal sobre a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas. Os pontos de mudança correspondentes aos menores e aos maiores concentrações das variáveis de produtividade evidenciaram o decréscimo e o incremento de espécies, respectivamente. Nesse sentido, a produtividade dos ambientes pode apresentar uma relação positiva ou unimodal para a diversidade de espécies (Rozenzweig e Abramsky, 1993; Abrams, 1995; Mittelbach et al., 2001; Cusens et al., 2012).

A relação unimodal entre a produtividade e diversidade de espécies é proposta para muitos sistemas, pois níveis intermediários de produção podem predizer o aumento no número de táxons (Ambrose et al., 2009). Ainda de acordo com essa relação, em baixos níveis de produção, apenas alguns táxons podem sobreviver aos limites fixados pelos baixos recursos (Huston, 1994; Declerck et al., 2007). Em ecossistemas aquáticos isso pode ser devido, principalmente, às variáveis de produtividade serem relacionadas com a disponibilidade de alimento para os organismos aquáticos (Araguren-Riaño, 2011). Em planícies de inundação, sobretudo no plâncton, a disponibilidade de recursos alimentares é considerada como os filtros ambientais predominantes na estruturação da comunidade de amebas testáceas (Arrieira et al., 2015). Dessa forma, os resultados observados sugerem que as variáveis ambientais de produtividade são determinantes para a ocorrência das amebas testáceas nesses ambientes.

Os resultados indicaram que a concentração de clorofila-*a* contribuiu para as alterações na abundância da comunidade de amebas testáceas. A disponibilidade de clorofila-*a* representa a maior influência na distribuição de espécies de níveis inferiores na cadeia alimentar como, por exemplo, observado para as amebas testáceas (Auer et al., 2004; Gimenes et al., 2004). Isso ocorre porque essa variável ambiental está diretamente

relacionada à disponibilidade de recursos alimentares (Bastidas-Navarro e Modenutti, 2007). Como consequência, uma maior oferta de alimento favoreceria uma maior abundância e frequência de amebas testáceas.

Da mesma forma, as concentrações de fósforo e nitrogênio total também contribuíram para explicar a variação da frequência e abundância na comunidade de amebas testáceas. Estudos anteriores mostraram que os nutrientes podem predizer as variações na abundância da comunidade desses organismos (Mitchell et al, 2000; Hájková et al, 2011). Em ambientes de planície de inundação, o aumento na concentração de nutrientes (principalmente relacionado ao nitrogênio) propicia uma elevada densidade de organismos fitoplanctônicos (Cottingham et al. 2004; Bovo-Scomparin et al., 2013). A maior absorção desses nutrientes no meio aquático propicia um aumento na produtividade primária do plâncton (Bonecker et al, 2013). Com isso, pode ser observada uma influência direta para a ocorrência e abundância das amebas testáceas nesses ambientes.

A disponibilidade de fósforo e nitrogênio total pode, ainda, apresentar uma relação indireta sobre a comunidade de amebas testáceas. Um aumento desses nutrientes ocasiona uma maior biomassa de bactérias, ciliados, flagelados heterotróficos e pequenos metazoários (Mieczan, 2009). Como consequência, esses organismos aumentariam o aporte de recursos alimentares no ambiente, uma vez que podem ser considerados itens alimentares da dieta de amebas testáceas (Gilbert et al., 2000).

As espécies indicadoras da resposta positiva apresentaram preferências por maiores concentrações de clorofila-*a*, fósforo total e nitrogênio. Esses resultados corroboram os observados por Mieczan et al. (2015), os quais mostram que as espécies indicadoras de amebas testáceas apresentam um aumento na abundância de organismos em maiores concentrações de nutrientes. Dessa forma, os resultados sugerem que os ambientes com maior produtividade podem favorecer o estabelecimento e o aumento da abundância desses protistas.

Em geral, os resultados destacaram as mesmas espécies indicadoras de resposta positiva (*D. acuminata*, *D. helvetica*, *D. parva* e *D. schuurmani*) para todas as variáveis ambientais analisadas. As amebas testáceas são consideradas importantes bioindicadoras do gradiente ambiental (Jassey et al., 2011; Song et al., 2014). Em um estudo recente realizado em ambientes de planície de inundação foi observado que diversas espécies de *Diffugia* apresentam resposta positiva com as concentrações de clorofila-*a* e fósforo total, tais como: *D. corona*, *D. gramen*, *D. limnetica*, *D. muriculata* e *D. pseudogramen* (Schwind et al.,

2015). Dessa forma, pode-se inferir que essas espécies podem ser consideradas potencialmente indicadoras ambientais de sistemas aquáticos mais produtivos.

As espécies indicadoras da resposta negativa, por sua vez, foram observadas em um reduzido limiar de variação, correspondendo às menores concentrações de nutrientes. Sabe-se que ambientes com baixa produtividade podem limitar ou ocasionar a perda de espécies (Yachi e Loreau, 1999). De acordo com Simões et al. (2015), ambientes com menor produtividade ocasionam um efeito negativo na distribuição da abundância dos organismos planctônicos, em especial para as amebas testáceas. Portanto, menores concentrações de nutrientes, além de afetar negativamente as espécies de amebas testáceas, podem indicar, também, espécies menos tolerantes aos ambientes com maior produtividade, como verificado nesse estudo para *D. lobostoma multilobata*.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo confirmou a influência da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas. Os intervalos de mudança nas concentrações das variáveis de produtividade alternaram o estabelecimento dos táxons e foram identificadas espécies indicadoras do aumento e diminuição das concentrações dessas variáveis ambientais.

Nesse sentido, os resultados sugerem que as variáveis ambientais de produtividade são determinantes para a ocorrência das amebas testáceas em ambientes aquáticos. Diante disso, mais estudos são necessários para identificar o papel bioindicador desses organismos em ecossistemas aquáticos, considerando sua eficiência na resposta às variáveis ambientais, especialmente em ambientes de planície de inundação.

REFERÊNCIAS

- Abrams, P.A., 1995. Monotonic or unimodal diversity-productivity gradients: what does competition theory predict? *Ecology*. 76, 2019-2027.
- Alves, G.M., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Joko, C.Y., Costa, D.M. 2007. New records of testate amoebae (Protozoa, Arcellinida) for the Upper Paraná River floodplain. *Acta Limnol. Bras.* 19, 175-195.
- Alves, G.M., Velho, L.F.; Simões, N.R.; Lansac-Tôha, F.A. 2010. Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain. *Eur. J. Protistol.* 46, 310-318.
- Ambrose, W.G., Renaud, P.E., Cochrane, S.K.J., Denisenko, S.G., Skardhamar, J. 2009. Polychaete diversity patterns on two Arctic shelves: impacts of ice and primary production? *Zoosymposia*. 2, 457-485.
- Araguren-Riaño, N., Guisande, C., Ospina, R. 2011. Factors controlling crustacean zooplankton species richness in Neotropical lakes. *J. Plankton. Res.* 33, 1295-1303.
- Arrieira, R.L., Schwind, L.T.F., Bonecker, C.C., Lansac-Tôha, F.A. 2015. Use of functional diversity to assess determinant assembly processes of testate amoebae community. *Aquat. Ecol.* 49, 561-571.
- Auer, B., Elze, U., Arndt, H. 2004. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: influence of resource and predation. *J. Plankton. Res.* 26, 697-709.
- Armynot du Châtelet, E.; Debenay, J.P.; Soulard, R. 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environ. Pollut.* 127, 27-40.
- Baker, M.E., King, R.S., 2010. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Met. Ecol. Evol.* 1, 25-37.
- Bastidas-Navarro, M., Modenutti, B. 2007. Efecto de la estructuración por macrófitas y por recursos alimentarios en la distribución horizontal de tecamebas y rotíferos en un lago andino patagónico. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 80, 345-362.
- Bonecker, C.C., Simões, N.R., Minte-Vera, C.V., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Agostinho, A.A. 2013. Temporal changes in zooplankton species diversity in response to environmental changes in an alluvial valley. *Limnologia.* 43, 114-121.
- Bottrell, H.H., Duncan, A., Gliwicz, Z.M., Grygierek, E., Herizing, A., Hillbricht-Ilkosc, A., Kurazawa, H., Larsson, P., Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.* 24, 419-456.
- Bovo-Scomparin, V.M., Train, S., Rodrigues, L.C. 2013. Influence of reservoirs on phytoplankton dispersion and functional traits: a case study in the Upper Paraná River, Brazil. *Hydrobiologia.* 702, 115-127
- Cardinale, B.J., Bennett, D.M., Nelson, C.E., Gross, K. 2009. Does productivity drive diversity or vice versa? A test of the multivariate productivity-diversity hypothesis in streams. *Ecology*, 90, 1227-1241.
- Cotner, J.B., Biddanda, B.A. 2002. Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic. *Ecosystems.* 5, 105-121.

- Cottingham, K., Glaholt, S., Brown, A. 2004. Zooplankton community structure affects how phytoplankton respond to nutrient pulse. *Ecology*. 85, 158-171.
- Cusens, J., Wright, S.D., McBride, P.D., Gillman, L.N. 2012. What is the form of the productivity–animal-species-richness relationship? A critical review and meta-analysis. *Ecology*. 93, 2241-2252.
- De'ath, G. 2014. mvpart: multivariate partitioning. R package version 1.2–6. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=mvpart>.
- Declerck, S., Vanderstucken, M., Pals, A., Muylaert, K., De Meester, L. 2007. Plankton biodiversity along a gradient of productivity and its mediation by macrophytes. *Ecology*. 88, 2199-2210.
- Deflandre, G. 1928. Le genre *Arcella* Eherenberg. *Arch. Protist.* 64, 125-287.
- Deflandre, G. 1929. Le genre *Centropyxis* Stein. *Arch. Protist.* 67, 322-375.
- Ferraro, L.; Sprovieri, M.; Alberico, I.; Lirer, F.; Prevedello, L.; Marsella, E., 2006. Benthic foraminifera and heavy metals distribution: A case study from the Naples Harbour (Tyrrhenian Sea, Southern Italy). *Environ. Pollut.* 142, 274-287.
- Foissner, W. 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 95-112.
- Gauthier-Lievre, L., Thomas, R. 1958. Le genre *Diffflugia*, *Pentagonia*, *Marghrebia* et *Hoogenraadia* (Rhizopodes Testacés) em Afrique. *Arch. Protist.* 103, 1-370.
- Gauthier-Lievre, L., Thomas, R. 1960. Le genre *Curcurbitella* Pénard. *Arch. Protist.* 10, 569-60.
- Gilbert, D., Amblardb, C., Bourdierb, G., Francez, A.J., Mitchell, A.D. 2000. Le régime alimentaire des Thécamoebiens (Protista, Sarcodina). *Année. Biol.* 39, 57-68.
- Gimenes, M.F., Benedito-Cecilio, E., Takeda, A.M., Vismara, M.R. 2004. Availability of sedimentary organic matter for benthic fishes of the upper Paraná river floodplain. *Acta Sci. Biol. Sci.* 26, 181-187.
- Golterman, H.L., Clyno, R.S., Ohnstad, M.A.M. 1969. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Oxford: Blackwell., 213pp.
- Hájková, P., Bojková, J., Fránková, M., Opravilová, V., Kintrová, K., Horsák, M. 2011. Disentangling the effects of water chemistry and substratum structure on moss-dwelling unicellular and multicellular micro-organisms in spring-fens. *J. Limnol.* 70, 54-64.
- Heino, J. 2010. Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecol. Indic.* 10, 112-117.
- Huston, M. A. 1994. *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge University Press, U.K., 708 pp.
- Jassey, V., Gilbert, D., Binet, P., Toussaint, M.L., Chiapusio, G. 2011. Effect of a temperature gradient on *Sphagnum fallax* and its associated living microbial communities: a study under controlled conditions. *Can. J. Microbiol.* 57, 226-235.
- Lansac-Tôha, F.A.; Zimmermann-Callegari, M.C.; Alves, G.M.; Velho, L.F.M.; Fulone, L.J. 2007. Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. *Acta Sci. Biol. Sci.* 29, 185-195.

- Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Costa, D.M., Simões, N.R., Alves, G.M. 2014. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a Neotropical floodplain. *Braz. J. Biol.* 74 181-190.
- Mackereth, F.Y.H., Heron, J.R., Tailing, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshw. Biol. Assoc. Sci. Pub.* 36, 120p.
- Matsumura-Tundisi, T.; Hino, K.; Rocha, O. 1986. Características limnológicas da Lagoa do Taquaral (Campinas, SP) um ambiente hipereutrófico. *Cien. Cult.* 38, 420-425.
- Mazei, Y., Warren, A. 2012. A survey of the testate amoeba genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and C.G. Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 1: Species with shells that are pointed aborally and/or have aboral protuberances. *Protistology.* 7, 121-171.
- Mazei, Y., Warren, A. 2014. A survey of the testate amoebae genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and C.G. Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 2: Species with shells that are pyriform or elongate. *Protistology.* 8, 133-171.
- Mieczan, T. 2009. Ecology of testate amoebae (Protists) in Sphagnum peatlands of eastern Poland: Vertical micro-distribution and species assemblages in relation to environmental parameters. *Int. J. Limnol.* 45, 41-49.
- Mieczan, T., Adamczuk, M., Pawlik-Skowronska, B., Toporowska, M. 2015. Eutrophication of peatbogs: consequences of P and N enrichment for microbial and metazoan communities in mesocosm experiments. *Aquat. Microb. Ecol.* 74, 121-141.
- Mitchell, E.A.D., Buttler, A., Grosvernier, Ph., Hydin, H., Albinsson, C., Greenup, A.L., Heijmans, M.M.P.D., Hoosbeek, M.R., Saarinen, T., 2000. Relationships among testate amoebae (Protozoa), vegetation and water chemistry in five Sphagnum-dominated peatlands in Europe. *New Phytol.* 145, 95-106.
- Mittelbach, G., Steiner, C., Scheiner, S., Gross, K. 2001. What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology.* 82, 2381-2396.
- Pace, M.L. 2001. Prediction and the aquatic sciences. *Can. Fish. Aquat. Sci.* 58, 63-72.
- Padial, A.A.; Declerck, S.A.J.; De Meester, L.; Bonecker, C.C.; Lansac-Tôha, F.A.; Rodrigues, L.C.; Takeda, A.; Train, S.; Velho, L.F.M.; Bini, L.M. 2012. Evidence against the use of surrogates for biomonitoring of Neotropical floodplains. *Freshw. Biol.* 57, 2411-2423.
- Pagioro, T.A., Thomaz, S.M.; Roberto, M.C. 2005. Caracterização limnológica abiótica dos reservatórios. In Rodrigues, L., Agostinho, A.A., Thomaz, S.M., Latini, J.D (Eds.). *Biocenoses em Reservatórios: padrões espaciais e temporais.* Rima, São Carlos, 17-38.
- Palmer, M.E., Keller, W. B., Yan, N. D. 2013. Gauging recovery of zooplankton from historical acid and metal contamination: the influence of temporal changes in restoration targets. *J. Appl. Ecol.* 50, 107-118.
- R Development Core Team. 2015. R: Language and environment for statistical computing foundation for Statistical Computing. Version 3.2.2.
- Rozenzweig, M.L., Abramsky, Z. 1993. How are diversity and productivity related? In Ricklefs, R. E., & D. Schluter (Eds.). *Species diversity in ecological communities.* University of Chicago Press, Chicago, 52-65.

- Schwind, L.T.F., Dias, J. D., Joko, C. Y., Bonecker, C. C., Lansac-Tôha, F.A. 2013. Advances in studies on testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. *Acta Sci. Biol. Sci.* 35, 549-555.
- Schwind, L.T.F., Arrieira, R.L., Dias, J.D., Simões, N.R., Bonecker, C.C., Lansac-Tôha, F.A. 2015. The structure of planktonic communities of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in three environments of the Upper Paraná River basin, Brazil. *J Limnol.* doi: 10.4081/jlimnol.2015.1180
- Simões, N.R., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Bonecker, C.C. 2012. Intra and inter-annual structure of zooplankton communities in floodplain lakes: a long-term ecological research study. *Rev. Biol. Trop.* 60, 1819-1836.
- Simões, N.R., Nunes, A.H., Dias, J.D., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Bonecker, C.C. 2015. Impact of reservoirs on zooplankton diversity and implications for the conservation of natural aquatic environments. *Hidrobiologia.* 758, 3-17.
- Schmid, B. 2002. The species richness–productivity controversy. *Trends Ecol. Evol.* 17, 113–114.
- Smith, H.G., Bobrov, A., Lara, E. 2008. Diversity and biogeography of testate amoebae. *Biodivers. Conserv.* 17, 329-343.
- Song, L., Li, H., Wang, K., Wu, D., Wu, H. 2014. Ecology of testate amoebae and their potential use as palaeohydrologic indicators from peatland in Sanjiang Plain, Northeast China. *Front. Earth Sci.* 8, 564-572.
- Souza, M.B.G. 2008. Guia das Tecamebas. Bacia do rio Peruaçu - Minas Gerais. Subsídio para conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte, Editora UFMG., 159pp.
- Thomaz, S.M., Roberto, M.C., Lansac-Tôha, F.A., Lima, F., Esteves, F.A. 1992. Características limnológicas de uma estação de amostragem do alto rio Paraná e outra do baixo rio Ivinheima (PR, MS-Brasil). *Acta Limnol. Bras.* 4, 32-51.
- Velho, L.F.M., Lansac-Tôha, F.A. 1996. Testate amoebae (Rhizopodea - Sarcodina) from zooplankton of the high Paraná river floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil: II. Family Diffflugidae. *Stud. Neotrop. Faun. Environm.* 31, 179-192.
- Velho, L.F.M., Lansac-Tôha, F.A., Serafim-Junior, M. 1996. Testate amoebae (Rhizopodea-Sarcodina) from zooplankton of the high Paraná river floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. I. Families Arcellidae and Centropyxidae. *Stud. Neotrop. Faun. Environm.* 31, 135-150.
- Wall, D.H., Palmer, M.A., Snelgrove, V.R. 2001. Biodiversity in critical transition zone between terrestrial, freshwater, and marine soil and sediments: process, linkages, and managements applications. *Ecosystems.* 4, 418-420.
- Worm, B., Duffy, J.E. 2003. Biodiversity, productivity and stability in real food webs. *Trends Ecol. Evol.* 18, 628-632.
- Yachi, S., Loreau, M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96, 1463-1468.

4 CONCLUSÕES GERAIS

O estudo contribuiu para o conhecimento da funcionalidade das espécies da comunidade de amebas testáceas em ambientes aquáticos. Dentre as abordagens, apresentou-se a distribuição dos traços funcionais desses organismos e seu potencial bioindicador das condições ambientais em ambientes de uma planície de inundação Neotropical.

A influência dos períodos hidrológicos nesse sistema promoveu a convergência e divergência dos traços funcionais das amebas testáceas. As variáveis ambientais relacionadas aos recursos alimentares foram fatores determinantes para a distribuição dos traços funcionais dessa comunidade.

A influência da variação temporal das variáveis de produtividade sobre a frequência e abundância da comunidade de amebas testáceas alteram o estabelecimento dos táxons. A partir desses resultados, foi possível identificar as espécies indicadoras do aumento e diminuição das concentrações dessas variáveis ambientais, confirmando, assim, a importância do papel bioindicador desses organismos em ecossistemas aquáticos.

APÊNDICE A - Inventário dos táxons de amebas testáceas investigados para lagoa Osmar durante esse estudo entre os anos de 2002 a 2011.

Arcellinida

Arcellidae

- | | |
|---|--|
| <i>Arcella arenaria</i> Greef, 1866 | <i>A. hemisphaerica</i> Perty, 1852 |
| <i>A. brasiliensis</i> Cunha, 1913 | <i>A. megastoma</i> Pénard 1902 |
| <i>A. catinus</i> Penard, 1980 | <i>A. mitrata</i> Leidy 1879 |
| <i>A. conica</i> (Playfair, 1917) | <i>A. mitrata</i> var. <i>spectabilis</i> Deflandre 1928 |
| <i>A. costata</i> Ehrenberg, 1847 | <i>A. nordestina</i> Vucetich, 1973 |
| <i>A. crenulata</i> Deflandre, 1928 | <i>A. vulgaris</i> Ehrenberg 1830 |
| <i>A. dentata</i> Ehrenberg, 1838 | <i>A. vulgaris</i> f. <i>elegans</i> Deflandre, 1928 |
| <i>A. discoides</i> Ehrenberg, 1843 | <i>A. vulgaris penardi</i> Deflandre, 1928 |
| <i>A. gibbosa</i> Pénard, 1890 | <i>A. vulgaris</i> f. <i>undulata</i> Deflandre, 1928 |
| <i>A. gibbosa mitriformis</i> Deflandre, 1928 | |

Centropyxidae

- | | |
|---|---|
| <i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1838) | <i>C. gibba</i> Deflandre, 1929 |
| <i>C. aerophila</i> Deflandre, 1929 | <i>C. hirsuta</i> Deflandre, 1929 |
| <i>C. aplanata</i> Deflandre, 1929 | <i>C. marsupiformis</i> (Wallich, 1864) |
| <i>C. discoides</i> (Pénard, 1890) | <i>C. platystoma</i> (Pénard, 1902) |
| <i>C. ecornis</i> (Ehrenberg, 1841) | <i>C. spinosa</i> (Cash, 1905) |

Diffugiidae

- | | |
|---|--|
| <i>Cucurbitella crateriformis</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. lingula</i> Pénard, 1911 |
| <i>C. dentata</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. litophila</i> Pénard, 1902 |
| <i>C. dentata</i> f. <i>crucilobata</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. lobostoma</i> Leidy, 1879 |
| <i>C. dentata</i> f. <i>quinelobata</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. lobostoma cornuta</i> G.L. & Th., 1958 |
| <i>C. dentata</i> f. <i>trilobata</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. lobostoma</i> var. <i>multilobata</i> G.L. & Th., 1958 |
| <i>C. madagascariensis</i> G.L. & Th., 1960 | <i>D. microclaviformis</i> (Kourov, 1925) |
| <i>C. mespiliformis</i> Pénard, 1902 | <i>D. muriformis</i> G.L. & Th., 1958 |
| <i>Diffugia acuminata</i> Ehrenberg, 1838 | <i>D. muriformis crucilobata</i> G.L. & Th., 1958 |
| <i>D. amphoralis</i> var. <i>globosa</i> G.L. & Th., 1958 | <i>D. oblonga</i> Ehrenberg, 1838 |
| <i>D. cf. avellana</i> Penard, 1890 | <i>D. parva</i> (Thomas, 1954) |
| <i>D. corona</i> Wallich, 1864 | <i>D. pleustonica</i> Dioni, 1970 |
| <i>D. corona ecornis</i> (G. L. & Th., 1958) | <i>D. pseudogramen</i> G.L. & Th., 1958 |
| <i>D. corona</i> f. <i>tuberculata</i> Vucetich, 1973 | <i>D. schuurmani</i> Van Oye, 1931 |
| <i>D. correntina</i> Vucetich, 1978 | <i>D. stellastoma</i> Vucetich, 1989 |
| <i>D. globularis</i> Wallich, 1864 | <i>D. urceolata</i> Carter, 1864 |
| <i>D. gramen</i> Pénard, 1902 | <i>D. ventricosa</i> Deflandre, 1926 |
| <i>D. helvetica multilobata</i> G.L. & Th., 1958 | <i>D. ventricosa recticaulis</i> Dioni, 1970 |
| <i>D. lanceolata</i> Pénard, 1902 | <i>Protocucurbitella coroniformis ecornis</i> G.L. & Th., 1960 |
| <i>D. limnetica</i> (Levander, 1900) | |

Lesquereusiidae

- | | |
|---|---|
| <i>L. mimetica</i> Pénard, 1902 | <i>L. spiralis</i> var. <i>caudata</i> Playfair, 1917 |
| <i>L. modesta</i> Rhumbler, 1896 | <i>Netzelia oviformis</i> (Cash, 1909) |
| <i>L. modesta</i> var. <i>caudata</i> (Playfair 1917) | <i>N. tuberculata</i> (Wallich 1864) |
| <i>L. ovalis</i> G.L. & Th., 1960 | <i>N. wailesi</i> (Ogden, 1980) |
| <i>L. spiralis</i> (Ehrenberg, 1840) | |

Phryganellidae

- Phryganella hemisphaerica* Pénard, 1902

Plagiopyxidae

- Plagiopyxis callida* Pénard, 1910

Trigonopyxidae

- Cyclopyxis eurystoma* Deflandre, 1929
C. kahli (Deflandre, 1929)

Euglyphida

Euglyphidae

- Euglypha acanthophora* (Ehrenberg, 1841)
-

APÊNDICE B - Inventário dos táxons de amebas testáceas investigados nos ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná entre os anos de 2002 a 2010.

Arcellidae	
<i>Arcella arenaria</i> Greef, 1866	<i>A. hemisphaerica</i> f. <i>undulata</i> Deflandre 1928
<i>A. brasiliensis</i> Cunha, 1913	<i>A. marginata</i> Daday, 1905
<i>A. catinus</i> Penard, 1980	<i>A. megastoma</i> Pénard, 1902
<i>A. conica</i> (Playfair, 1917)	<i>A. mitrata</i> Leidy, 1879
<i>A. costata</i> Ehrenberg, 1847	<i>A. mitrata</i> var. <i>spectabilis</i> Deflandre, 1928
<i>A. crenulata</i> Deflandre, 1928	<i>A. nordestina</i> Vucetich, 1973
<i>A. dentata</i> Ehrenberg, 1838	<i>A. rota</i> Daday, 1905
<i>A. discoides</i> Ehrenberg, 1843	<i>A. vulgaris</i> Ehrenberg, 1830
<i>A. gibbosa</i> Pénard, 1890	<i>A. vulgaris</i> f. <i>elegans</i> Deflandre, 1928
<i>A. gibbosa</i> f. <i>mitriformis</i> Deflandre, 1928	<i>A. vulgaris</i> f. <i>penardi</i> Deflandre, 1928
<i>A. hemisphaerica</i> Perty, 1852	<i>A. vulgaris</i> f. <i>undulata</i> Deflandre, 1928
Centropyxidae	
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1838)	<i>C. ecornis</i> (Ehrenberg, 1841)
<i>C. aerophila</i> Deflandre, 1929	<i>C. gibba</i> Deflandre, 1929
<i>C. aerophila</i> f. <i>sphagnicola</i> Deflandre, 1929	<i>C. hirsuta</i> Deflandre, 1929
<i>C. aplanata</i> Deflandre, 1929	<i>C. marsupiformis</i> (Wallich, 1864)
<i>C. cassis</i> (Wallich, 1864)	<i>C. platystoma</i> (Pénard, 1902)
<i>C. constricta</i> (Ehrenberg, 1841)	<i>C. spinosa</i> (Cash, 1905)
<i>C. discoides</i> (Pénard, 1890)	
Cyphoderidae	
<i>Cyphoderia</i> cf. <i>ampulla</i> (Ehrenberg, 1840)	
Diffugiidae	
<i>Cucurbitella crateriformis</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. helvetica</i> f. <i>multilobata</i> G.L. & Th., 1958
<i>C. dentata crucilobata</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. kempny</i> Stepánek, 1953
<i>C. dentata</i> f. <i>quinquilobata</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. lanceolata</i> G.L. & Th., 1958
<i>C. dentata</i> f. <i>trilobata</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. limnetica</i> (Levander, 1900)
<i>C. madagascariensis</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. lingula</i> Pénard, 1911
<i>C. mespiliformis</i> Pénard, 1902	<i>D. lithophila</i> Pénard, 1902
<i>C. mespiliformis</i> var. <i>africana</i> G.L. & Th., 1960	<i>D. lobostoma</i> Leidy, 1879
<i>Diffflugia acuminata</i> Ehrenberg, 1838	<i>D. lobostoma cornuta</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. acuminata</i> var. <i>inflata</i> Pénard, 1899	<i>D. lobostoma multilobata</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. acutissima</i> Deflandre, 1931	<i>D. lobostoma tuberosa</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. amphoralis globosa</i> G.L. & Th., 1958	<i>D. microclaviformis</i> (Kourov, 1925)
<i>D. amphoralis</i> var. <i>cornuta</i> Hopkinsonn, 1909	<i>D. multidentata</i> Dioni, 1970
<i>D. angulostoma</i> G.L. & Th., 1958	<i>D. muriculada</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. bicruris</i> G.L. & Th., 1958	<i>D. muriformis</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. cf. avellana</i> Penard, 1890	<i>D. muriformis</i> cf. <i>crucilobata</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. cf. brevicola</i> Cash & Hopkinson, 1909	<i>D. nebeloides</i> G.L. & Th., 1958
<i>D. capreolata</i> Pénard, 1902	<i>D. oblonga</i> Ehrenberg, 1838
<i>D. corona</i> Wallich, 1864	<i>D. parva</i> (Thomas, 1954)
<i>D. corona ecornis</i> (G.L. & Th., 1958)	<i>D. pleustonica</i> Dioni, 1970
<i>D. corona</i> f. <i>tuberculata</i> Vucetich, 1973	<i>D. pseudogramen</i> G.L. & Th., 1960
<i>D. correntina</i> Vucetich, 1978	<i>D. schurmanni</i> Van Oye, 1932
<i>D. curvicaulis</i> Penard, 1899	<i>D. stellastoma</i> Vucetich, 1989
<i>D. difficilis</i> Thomas, 1955	<i>D. urceolata</i> Carter, 1864
<i>D. elegans</i> Pénard, 1890	<i>D. ventricosa</i> Deflandre, 1926
<i>D. fragosa</i> Hempel, 1898	<i>D. ventricosa</i> f. <i>recticaulis</i> Dioni, 1970
<i>D. globularis</i> Wallich, 1864	<i>Pontigulasia compressa</i> (Carter, 1864)
<i>D. globulosa</i> Dujanrdin, 1837	<i>Protocucurbitella coroniformes</i> G.L. & Th., 1960
<i>D. gramen</i> Pénard, 1902	<i>Suidiffflugia multipora</i> Green, 1975
Euglyphidae	
<i>Euglypha acanthophora</i> (Ehrenberg 1841)	
Hyalosphaeniidae	
<i>Heleoptera petricola</i> Leidy, 1879	<i>Nebela penardiana</i> Deflandre, 1936
Lesquereusiidae	
<i>Lesquereusia mimetica</i> Pénard, 1902	<i>L. spiralis</i> var. <i>hirsuta</i> (G.L. & Th., 1958)

L. modesta Rhumbler, 1896
L. ovalis G.L. & Th., 1960
L. spiralis (Ehrenberg, 1840)
L. spiralis var. *caudata* (Playfair, 1917)

Netzelia oviformis (Cash, 1909)
N. tuberculata (Wallich, 1864)
N. wailesi (Ogden, 1980)

Phryganellidae

Phryganella hemisphaerica Pénard, 1902

Plagiopyxidae

Hoogenraadia cryptostoma G.L. & Th., 1958

Plagyopyxis callida Pénard, 1910

Trigonopyxidae

Cyclopyxis euristoma Deflandre, 1929
C. impressa (Daday, 1905)

C. kahli (Deflandre, 1929)

APÊNDICE C - Nomes das espécies de amebas testáceas indicadoras negativas e positivas em resposta a variação da concentração das variáveis de produtividade.

Arcellidae	
Aare: <i>Arcella arenaria</i>	Ahem: <i>A. hemisphaerica</i>
Abra: <i>A. brasiliensis</i>	Ahmu: <i>A. hemisphaerica undulata</i>
Acat: <i>A. catinus</i>	Ameg: <i>A. megastoma</i>
Acon: <i>A. cônica</i>	Amit: <i>A. mitrata</i>
Acos: <i>A. costata</i>	Amsp: <i>A. mitrata</i> var. <i>spectabilis</i>
Aden: <i>A. dentata</i>	Avul: <i>A. vulgaris</i>
Adis: <i>A. discoides</i>	Avel: <i>A. vulgaris elegans</i>
Agib: <i>A. gibbosa</i>	Avpe: <i>A. vulgaris penardi</i>
Agmi: <i>A. gibbosa mitriformis</i>	Avun: <i>A. vulgaris</i> f. <i>undulata</i>
Centropyxidae	
Cacu: <i>Centropyxis aculeata</i>	Chir: <i>C. hirsuta</i>
Caer: <i>C. aerophila</i>	Cmar: <i>C. marsupiformis</i>
Cdisc: <i>C. discoides</i>	Cpla: <i>C. platystoma</i>
Ceco: <i>C. ecornis</i>	Cspi: <i>C. spinosa</i>
Cgib: <i>C. gibba</i>	
Diffugiidae	
Ccra: <i>Cucurbitella crateriformis</i>	Dlob: <i>D. lobostoma</i>
Cdcr: <i>C. dentata crucilobata</i>	Dlcor: <i>D. lobostoma cornuta</i>
Cdqu: <i>C. dentata</i> f. <i>quinquilobata</i>	Dlmu: <i>D. lobostoma multilobata</i>
Cdtr: <i>C. dentata</i> f. <i>trilobata</i>	Dltub: <i>D. lobostoma tuberosa</i>
Cmad: <i>C. madagascariensis</i>	Dmic: <i>D. microclaviformis</i>
Cmes: <i>C. mespiliformis</i>	Dmul: <i>D. multidentata</i>
Dacu: <i>Diffugia acuminata</i>	Dmur: <i>D. muriformis</i>
Dagl: <i>D. amphoralis globosa</i>	Dobl: <i>D. oblonga</i>
Dcor: <i>D. corona</i>	Dpar: <i>D. parva</i>
Dctub: <i>D. corona</i> f. <i>tuberculata</i>	Dple: <i>D. pleustonica</i>
Dcur: <i>D. curvicaulis</i>	Dpseu: <i>D. pseudogramen</i>
Dglo: <i>D. globularis</i>	Durc: <i>D. urceolata</i>
Dgram: <i>D. gramen</i>	Dven: <i>D. ventricosa</i>
Dhmu: <i>D. helvetica multilobata</i>	Dven: <i>D. ventricosa</i>
Dkem: <i>D. kempny</i>	Pcor: <i>Protocucurbitella coroniformes</i>
Dlim: <i>D. limnetica</i>	Dsch: <i>D. schurmanni</i>
Dlit: <i>D. lithophila</i>	Smul: <i>Suidiffugia multipora</i>
Euglyphidae	
Eaca: <i>Euglypha acanthophora</i>	
Lesquereusiidae	
Lmod: <i>Lesquereusia modesta</i>	Novi: <i>Netzelia oviformis</i>
Lova: <i>L. ovalis</i>	Nwai: <i>N. wailesi</i>
Lhir: <i>L. spiralis</i> var. <i>hirsuta</i>	
Trigonopyxidae	
Ckah: <i>Cyclopyxis kahli</i>	

APÊNDICE D - Espécies indicadoras da mudança das concentrações das variáveis de produtividade.
A) *Diffugia acuminata*. B) *D. amphoralis*. C) *D. helvetica multilobata*. D) *D. kempny*. E) *D. lobostoma multilobata*. F) *D. parva*. G) *D. schurmanni*. H) *D. ventricosa*. I) *Lesquereusia ovalis*.

